

Darmstädter Entwicklungssystem
**System zur Entwicklung bedienungsfreundlicher und
seniorengerechter Benutzerschnittstellen in der
Unterhaltungselektronik**

Dem Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik der
Technischen Universität Darmstadt zur Erlangung der Würde eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) vorgelegte

Dissertation
von

Dipl.-Ing. Robert Kissel

geb. am 12. November 1968
in Langen (Hessen)

Referent: Prof. Dr.-Ing. H. Weißmantel
1. Korreferent: Prof. Dr.-Ing. H. Birkhofer
2. Korreferent: Prof. Dr.-Ing. R. Werthschützky

Tag der Einreichung: 23. Oktober 2003
Tag der mündlichen Prüfung: 6. Februar 2004

Zusammenfassung

Der überwiegende Teil der heute erhältlichen Geräte der Unterhaltungselektronik ist von meist jungen Ingenieuren und Designern für einen Markt entwickelt worden, in dem junge Kunden dominieren. Dass ältere Menschen oft nur bedingt oder gar nicht mit diesen Geräten umgehen können, ist den Entwicklern nicht bewusst oder wird von ihnen vernachlässigt, um den Entwicklungsprozess nicht zu verzögern.

Das vorliegende Projekt wurde ins Leben gerufen, um ein neues Konstruktionshilfsmittel zu erschaffen, das in dem Entwickler ein Bewusstsein für die Einschränkungen älterer Menschen weckt und ihm durch Konstruktionsregeln ermöglicht, benutzerfreundliche und seniorengerechte Geräte zu entwerfen und aufzubauen.

Basierend auf bekannten Regelwerken wurde das *Darmstädter Entwicklungssystem* - eine Software zur Entwicklerunterstützung - erstellt, in dessen Zentrum eine interaktive Online-Konstruktionsregeldatenbank steht und das außerdem Softwaretools zur Simulation und zum prototypischen Aufbau von Mensch-Geräte-Schnittstellen sowie deren Bewertung hinsichtlich Benutzerfreundlichkeit und Seniorengerechtigkeit bereitstellt.

Abstract

The majority of today's electronical entertainment devices is developed by young engineers and designers for a market dominated by young customers.

The developers are not aware that older people often have limited or no access to those devices. Sometimes the problems get ignored by the developers to avoid slowing down the development process.

This project has been started in order to create a new design aid that opens the developer's eyes for the disabilities of older people and helps him to develop and build devices that are user-friendly and accessible by older people.

Based on known guidelines the *Darmstädter Entwicklungssystem* (Darmstaedter development system) - a software to support the developer - was created. In the centre of this system there is an interactive online-database of guidelines. The system also includes software-tools for simulating and manufacturing as well as evaluating prototypes of human-machine-interfaces regarding user-friendliness and accessibility for older people.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Mensch-Maschine-Kommunikation	1
1.2	Der Begriff „Benutzerfreundlichkeit“	3
1.3	Zielgruppe	4
1.3.1	Altern	5
1.3.2	Der <i>normale</i> ältere Mensch	6
1.3.3	Demografischer Wandel	8
1.4	Gründe für benutzerfreundliches Design	9
1.4.1	Bedienungsmängel	10
1.4.2	Ursachen für schlechte Bedienbarkeit	12
1.5	Zielsetzung der Arbeit	13
1.6	Struktur der Arbeit	15
2	Stand der Forschung	16
2.1	Ansätze für Benutzerfreundlichkeit	16
2.1.1	Gesetze	16
2.1.2	Normen	17
2.1.3	<i>Design for All</i>	19
2.1.4	<i>Include</i> -Projekt	20
2.2	Benutzerfreundlichkeit in der Praxis	22
2.2.1	Öffentlicher Raum	22
2.2.2	Privater Bereich	24

2.3	Zusammenfassung	26
3	Unterstützung des Entwicklers	27
3.1	Arten der Unterstützung	27
3.1.1	Theoretische Unterstützung	27
3.1.1.1	Regelwerke	28
3.1.1.2	Expertensysteme	32
3.1.2	Experimentelle Unterstützung	33
3.1.2.1	<i>Age-Explorer</i>	33
3.1.2.2	Usability Laboratories	34
3.2	Beurteilung	35
3.3	Zusammenfassung	36
4	Darmstädter Entwicklungssystem	37
4.1	Anwendungsgebiete des DEws	38
4.2	Anwender des DEws	39
4.2.1	Notwendige Vorkenntnisse	39
4.3	Aufbau und Komponenten des DEws	40
4.3.1	Das Online-Konstruktionsregelwerk	41
4.3.2	Die Prototypenentwicklung	50
4.3.2.1	Erstellung einer Benutzeroberfläche	53
4.3.2.2	Die Fernbedienungselektronik	59
4.3.3	Die Simulationsumgebung	63
4.3.3.1	Aufbau und Struktur	64
4.3.3.2	Erstellung einer Simulation	70
4.3.4	Der <i>Benutzerschnittstellen-Wizard</i>	74
4.3.5	Das Bewertungstool	75
4.3.5.1	Bewertungsverfahren	76
4.3.5.2	Bewertungsverfahren im DEws	78
4.3.5.3	Benutzertests	84
4.3.6	Der Baukasten	88
4.4	Das DEws im Vergleich zum Stand der Technik	94
4.4.1	Theoretische Unterstützung	95
4.4.1.1	Inhalt der Unterstützungswerkzeuge	95

4.4.1.2	Aufbau der Unterstützungswerkzeuge	96
4.4.2	Praktische Unterstützung	98
4.4.2.1	Benutzertests	99
4.5	Zusammenfassung	99
5	Anwendungsbeispiel: Videorekorder	102
5.1	Umgang mit dem DEws	103
5.2	<i>Benutzerschnittstellen-Wizard</i>	103
5.2.1	Erstellung eines Bedienkonzepts	103
5.2.2	Umsetzung des Bedienkonzepts	112
5.3	Benutzertest	116
6	Resümee	118
6.1	Zusammenfassung	118
6.2	Kritische Betrachtung	120
A	Glossar	123
B	Altern	128
B.1	Formen des Alterns	128
B.2	Altersbedingte Beeinträchtigungen	128
B.2.1	Sinne	129
B.2.2	Körper	131
B.2.3	Geist	132
C	Die Rückstellfeder	136
D	Fluss- und Ablaufdiagramme	140
D.1	<i>Online-Konstruktionsregelwerk</i>	142
D.2	<i>Simulationsumgebung</i>	145
D.3	<i>Prototypenentwicklung</i>	154
D.4	Ordnerstruktur des <i>DEws</i>	157
E	Veröffentlichungen	158

1 Einleitung

Unsere heutige stark technisierte Welt erfordert den ständigen Umgang des Menschen mit technischen Einrichtungen unterschiedlicher Komplexität. Während viele Geräte aufgrund ihres geringen Funktionsumfangs noch vergleichsweise einfach zu handhaben sind, wie z.B. Küchenmixer oder Haartrockner, sind andere komplexere Geräte geradezu zu einem Synonym für komplizierte und unverständliche Bedienung geworden, wie der Videorekorder oder der Fahrkartenautomat.

Die Handhabung eines technischen Geräts oder einer Maschine ist eine moderne Kommunikationsform, die *Mensch-Maschine-Kommunikation*.

1.1 Mensch-Maschine-Kommunikation

Jede Interaktion eines Menschen mit einer technischen Einrichtung ist eine Form der Kommunikation zwischen Mensch und Maschine. Will der Mensch ein Gerät benutzen, dann muss er diesem mitteilen, welche Reaktion er von ihm erwartet. Im einfachsten Fall reicht es, das Gerät nur einzuschalten. Je komplexer die Funktionen sind, die ein Gerät ausführen kann bzw. die der Mensch von ihm erwartet, desto schwieriger wird es, dem Gerät seine Forderungen zu verdeutlichen oder auch die Rückmeldungen des Geräts zu verstehen.

Die Kommunikation zwischen einem Menschen und einer Maschine ist wie die Kommunikation zwischen Menschen ein bidirektionaler Vorgang, bei dem Daten ausgetauscht werden. Die Voraussetzung für einen erfolgreichen Datenaustausch ist das Vorhandensein einer gemeinsamen Sprache, da der Kommunikationspartner nur in gewünschter Weise reagieren kann, wenn er versteht, was von ihm erwartet wird.

Gibt es keine oder nur eine unzureichende gemeinsame Sprache oder ist der Kommunikationskanal durch Einfluss der Umgebung gestört, kann kei-

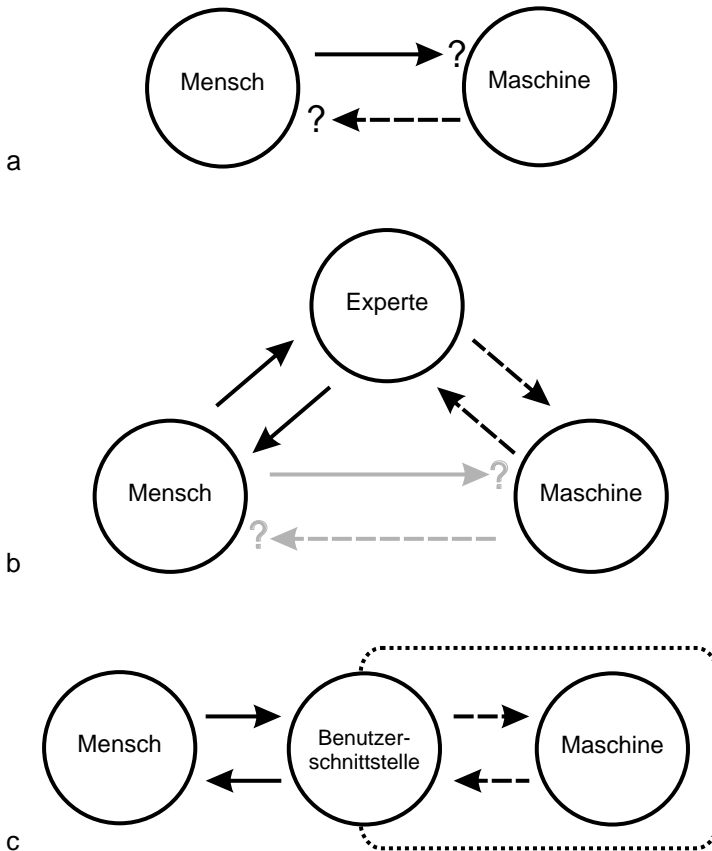


Abbildung 1.1: a: Direkte und durch eine unzureichende gemeinsame Sprache gestörte Mensch-Maschine-Kommunikation; b: Umgehung der Störung durch Zuhilfenahme eines Experten als Vermittler zwischen Mensch und Maschine; c: Die bedienungsfreundliche Benutzerschnittstelle ersetzt den Experten

ne oder nur eine nicht zufriedenstellende Kommunikation zustande kommen (Abbildung 1.1 a). Menschen können sich bei Ausfall eines Kommunikationskanals anderer Mittel bedienen. Wenn beispielsweise verbale Kommunikation

aufgrund sprachlicher oder akustischer Probleme nicht möglich ist, kann sich der Mensch mit Hilfe der Zeichensprache verständigen.

Zur Kommunikation mit einem technischen Gerät stehen aber nur die begrenzten Kommunikationsmöglichkeiten zur Verfügung, die der Konstrukteur vorgesehen hat, wobei sich diese oft auf nur einen Kanal beschränken. Ist dieser aber gestört oder nicht mit der „Sprache“ des Benutzers kompatibel, dann ist diesem die Nutzung des Geräts nicht möglich. Bei Sprach- oder Verständnisschwierigkeiten kann sich der Mensch eventuell damit behelfen, dass er die Bedienung z.B. mit Hilfe einer Anleitung erlernt oder sich der Unterstützung Dritter (Experten) als Bindeglied zur Maschine bedient (Abbildung 1.1 b). Da diese beiden Methoden in der Praxis nur für selten auszuführende Operationen angewendet werden können, wie z.B. Sendereinstellung am Fernsehgerät oder Installation eines Betriebssystems auf dem PC, und für die alltägliche Bedienung untauglich sind, muss das Gerät mit einer Benutzerschnittstelle ausgestattet sein, die den Part des Experten übernimmt und die Befehle des Menschen bzw. Ausgaben des Geräts in eine für den jeweils anderen Kommunikationspartner verständliche Sprache übersetzt (Abbildung 1.1 c). Die Handhabung der Benutzerschnittstelle muss für den Menschen intuitiv verständlich oder wenigstens leicht erlernbar - also *benutzerfreundlich* - sein.

1.2 Der Begriff „Benutzerfreundlichkeit“

Der Begriff Benutzer- oder Benutzungsfreundlichkeit bezieht sich auf den Umgang des Menschen mit technischen Geräten oder Maschinen. DIN ISO 9241-11 definiert drei Merkmale für Benutzungsfreundlichkeit:

- **Effektivität** - gibt an, wie gut bzw. vollständig eine Aufgabe von dem Benutzer ausgeführt werden kann.
- **Effizienz** - ist der Wirkungsgrad, d.h. die Höhe des Einsatzes, den ein Benutzer erbringen muss, um eine Aufgabe zu lösen.
- **Akzeptanz** - ist eine subjektive Größe, um die Zufriedenheit des Benutzers im Bezug auf den Umgang mit dem Gerät zu charakterisieren.

Die Benutzungsfreundlichkeit ist ein Qualitätsmerkmal für Benutzerschnittstellen bzw. für ein Gerät, denn sie hat direkten Einfluss auf die Kundenzufriedenheit und damit auch auf den Markterfolg des Geräts.

Untersuchungen haben ergeben, dass die Akzeptanz von speziellen „Seniorenprodukten“ gering ist, da Senioren nicht als „alt“ abgestempelt werden wollen [10]. Aus diesem Grund und auch um den Markterfolg zu vergrößern, müssen Geräte einem möglichst großen Personenkreis unter anderem auch alten Menschen zugänglich gemacht werden.

Alte Menschen können aber viele Geräte aufgrund ihrer altersbedingten sensorischen, körperlichen und geistigen Einschränkungen (siehe Anhang B; Seite 128) nur bedingt oder eventuell gar nicht benutzen.

1.3 Zielgruppe

Die Zielgruppe für benutzerfreundliches Design ist die Menge aller Benutzer, die mit einem Gerät oder einer Maschine interagieren. Allerdings weichen die Fähigkeiten und Fertigkeiten dieser Benutzer sehr voneinander ab, was auf ihrer unterschiedlichen Bildung, dem Vorwissen und der Erfahrung im Umgang mit technischen Geräten, aber auch maßgeblich auf ihrer körperlichen und geistigen Verfassung beruht. Ältere Menschen besitzen eventuell eine große Erfahrung, sind aber in ihren sensomotorischen und oft auch geistigen Fähigkeiten aufgrund ihres Alters gegenüber jüngeren Benutzern eingeschränkt. Sie haben Schwierigkeiten im Umgang mit Geräten, die ein jüngerer Benutzer problemlos bedienen kann. Ist jedoch eine Benutzerschnittstelle so gestaltet, dass sie von älteren Menschen genutzt werden kann, dann kommt ein junger Anwender damit auch zurecht - im Gegenteil: er wird von der vereinfachten Bedienung profitieren, der Umgang mit dem Gerät wird für ihn angenehmer sein.

Die Benutzerschnittstelle von Geräten der Unterhaltungselektronik oder auch Hausgerätetechnik ist - wie es auch in der Arbeitswissenschaft üblich ist - auf die Benutzer auszurichten, die am weitesten von der Norm abweichen (Arbeitswissenschaft: 5%- und 95%-Perzentil [14]). Die Arbeitswissenschaft beschäftigt sich aber ausschließlich mit den ergonomischen Anforderungen an den

Arbeitsplatz. Die Anforderungen von Menschen im Rentenalter (älter als 60 Jahre [75]) an Geräte in ihrem häuslichen Umfeld hinsichtlich Ergonomie und Bedienung werden in der Regel von der Arbeitswissenschaft nicht abgedeckt.

Die Zielgruppe des Entwicklungssystems für benutzerfreundliches Design, das in dieser Arbeit erstellt wurde, ist daher primär die Gruppe der gesunden älteren Menschen im Rentenalter. Im Folgenden wird diese Gruppe näher spezifiziert, dazu muss zunächst der Begriff des *Alterns* definiert werden. Die Fähigkeiten, Fertigkeiten und Einschränkungen, die in dieser Gruppe auftreten, werden in Anhang B detailliert erläutert.

1.3.1 Altern

Die Gerontologie und die Medizinforschung definieren verschiedene Arten des Alterns.

- **Pathologisches Altern:** Altern mit schweren bzw. chronischen Krankheiten (z.B. Alzheimersche Erkrankung).
- **Differentielles Altern:** Unterschiede in Leistungsfähigkeit von Einzelpersonen im Alter, unter Berücksichtigung des Vorlebens.
- **Normales Altern:** Auch *physiologisches Altern* genannt; Verschleißerscheinungen aufgrund des fortgeschrittenen Lebensalters (schließt auch geistige Veränderungen ein), ohne den Einfluss schwerer Krankheiten.
- **Erfolgreiches Altern:** Weitgehend erhaltene körperliche und geistige Gesundheit bei hohem erreichten Lebensalter. Altersbedingte Veränderungen können auftreten, werden aber von der Person als Stärken bzw. Schwächen des Alters anerkannt.

Für die Alternsformen *pathologisches* und *differentielles Altern* lassen sich keine allgemein gültigen Regeln zur benutzerfreundlichen Gestaltung von Geräten aufstellen, da die dort definierten Alterserscheinungen stark von der Einzelperson abhängen und damit stark variieren können. Aus diesem Grund beziehen sich die in der vorliegenden Arbeit zusammengestellten Konstruktionsregeln für benutzerfreundliches und seniorengerechtes Design in erster Linie auf Personen, die der Alternsdefinition *normales Altern* zugeordnet werden können.

Konstruktionsregeln, die gemäß dieser Definition erstellt wurden, schließen auch Personen ein, die dem *erfolgreichen Altern* zugeordnet werden, da deren Fähigkeiten und Fertigkeiten als besser oder zumindest gleich eingestuft werden können. Die verwendete Definition wird im nächsten Abschnitt näher erläutert.

1.3.2 Der *normale* ältere Mensch

Im *Sensi*-Regelwerk¹ [81] wurde das Modell des „ganz normalen älteren Menschen“ definiert, dessen Fähigkeiten und Fertigkeiten in den Konstruktionsregeln berücksichtigt wurden. Dieses Modell wurde auch dem neuen *Online*-Regelwerk, das in diesem Projekt entstand (siehe Abschnitt 4.3.1), zugrunde gelegt.

Das Modell basiert auf der normalen (durchschnittlichen) Abnahme der Leistungsfähigkeit von Sinnen, Körper und Geist mit zunehmendem Alter:

- Seh- und Hörvermögen und Tastsinn (Abbildung 1.2); Geruchs- und Geschmackssinn verlieren auch an Empfindlichkeit, sind aber bei den hier betrachteten Geräten der Unterhaltungselektronik nicht relevant.
- Feinmotorik, Beweglichkeit und Muskelkraft lassen nach, die Ausdauer der Muskeln bleibt im Alter praktisch konstant [14].
- Gedächtnis, Aufnahmevermögen, Reaktion und Koordination.

Beim normalen Altern verringert sich die Leistungsfähigkeit in fast allen Bereichen (polymodale Einschränkungen [81]), d.h. ist beispielsweise die Sehfähigkeit eingeschränkt, so könnte ein junger Mensch diese sensorische Beeinträchtigung durch andere Sinne (Gehör, Tastsinn) ausgleichen. Ein älterer Mensch

¹Sensi: „Der Begriff „Sensi“ ist eine Wortkombination aus **Senioren** und **sicher**, wobei der Aspekt der Sicherheit einerseits in seiner ursprünglichen Bedeutung zu verstehen ist; also keine Gefährdung des Anwenders, anderer Personen und des Geräts. Andererseits ist zu gewährleisten, dass die zur Bedienung des Geräts notwendigen körperlichen und geistigen Tätigkeiten „mit Sicherheit“ von älteren Menschen ausgeführt werden können.“ Aus den Vorbemerkungen zum *Regelkatalog Sensi-Geräte*. Das *Sensi*-Regelwerk wurde am Institut für Elektromechanische Konstruktionen der TU Darmstadt basierend auf bekannten Regelwerken (z.B. [72]) und eigenen Untersuchungen sowie Befragungen von Senioren, erstellt.

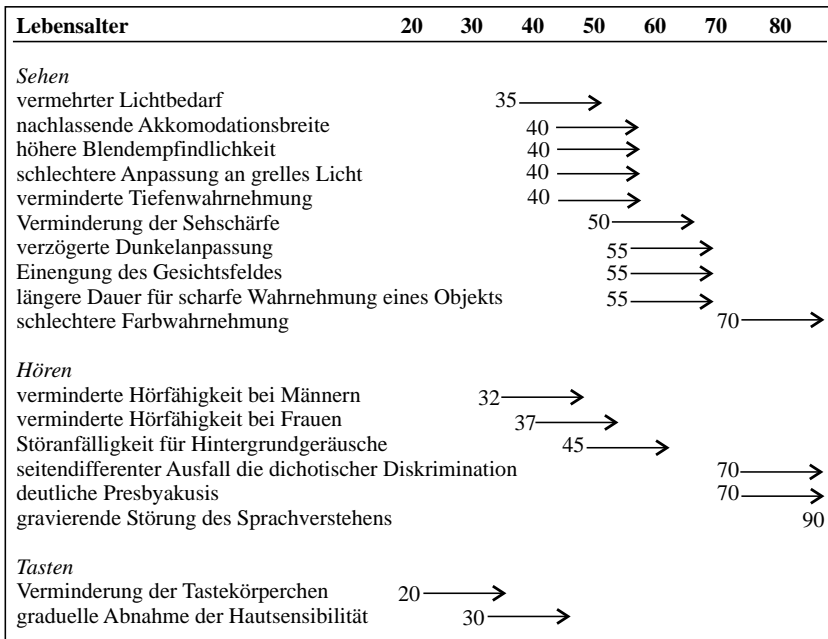


Abbildung 1.2: Verminderung der sensorischen Fähigkeiten mit dem Alter [71]

hat diese Möglichkeiten nicht, da auch Tastsinn und Gehör nachgelassen haben. Abbildung 1.2 zeigt die Verminderung der sensorischen Fähigkeiten mit dem Alter. Auffällig ist der beginnende Verlust des Tastsinns im Alter von 20 Jahren und die Verminderung der Hörfähigkeit mit wenig mehr als 30 Jahren. Die Beeinträchtigungen durch normales Altern müssen als Summe aller Beeinträchtigungen von Sinnen, Körper und Geist angesehen werden. Beim Design von Benutzeroberflächen genügt es deshalb nicht, nur einen Sinn des Anwenders verstärkt anzusprechen (z.B. guter Farbkontrast, aber nur schwache taktile Unterscheidung). Es ist darauf zu achten, möglichst viele Sinneskanäle deutlich wahrnehmbar anzusprechen (z.B. guter Farbkontrast, deutliche taktile Unterscheidung, akustische Rückmeldung).

Wie Abbildung 1.2 auch verdeutlicht, ist es nicht möglich, ein bestimmtes Alter anzugeben, nach dessen Überschreiten die Leistungsfähigkeit des Menschen aufgrund altersbedingter Beeinträchtigungen gemindert ist. Die Schwächung der einzelnen Sinne beginnt in verschiedenen Altersstufen und variiert auch von Mensch zu Mensch.

Bei dem Modell des „ganz normalen älteren Menschen“ wird eine positive Einstellung des Anwenders zur Technik bzw. zu dem Gerät vorausgesetzt. Es entspricht also auch der Definition des *erfolgreichen Alterns*. Eine wichtige Aufgabe des Entwicklers ist, den Anwender durch eine gute und intuitiv zu bedienende Benutzerschnittstelle in seiner positiven Grundhaltung zu bestärken.

1.3.3 Demografischer Wandel

Die Zahl der älteren Menschen in der Bevölkerung wird laut Statistischem Bundesamt aufgrund der höheren Lebenserwartung und einer zu geringen Geburtenrate in Zukunft stark anwachsen [75] (siehe auch [2, 16]). Die sogenannte Alterspyramide, die 1950 noch im oberen Teil eine Pyramidenform aufwies (Abbildung 1.3 links), verändert sich daher wie in Abbildung 1.3 rechts dargestellt. Damit werden die älteren Menschen zum einen für die Wirtschaft als sich vergrößernde Käufergruppe interessant. Zum anderen bedeutet diese Verschiebung des Altersdurchschnitts auch, dass mehr Plätze in Alters- und Pflegeheimen einschließlich des Personals zur Betreuung benötigt werden. Die Kosten und die Arbeitskraft muss der in seiner Stärke abnehmende jüngere Bevölkerungsteil tragen.

Die Konsequenz daraus ist, dass mehr ältere Menschen länger in ihrer privaten Wohnung bleiben müssen, weil sie keinen Platz in einem Altersheim finden. Um ihnen dies zu erleichtern und ihnen ein *erfolgreiches Altern* zu ermöglichen, ist es nötig die Wohnungen seniorengerechter zu gestalten, so dass die Senioren mit einem Minimum an fremder Hilfe zurechtkommen.

Seniorengerechte Geräte der Unterhaltungselektronik können nicht dazu beitragen, dass alte Menschen ihren Alltag ohne Hilfe bewältigen. Sie unterstützen aber ein *erfolgreiches Altern* und erhöhen die Lebensqualität und die Zufriedenheit des älteren Menschen.

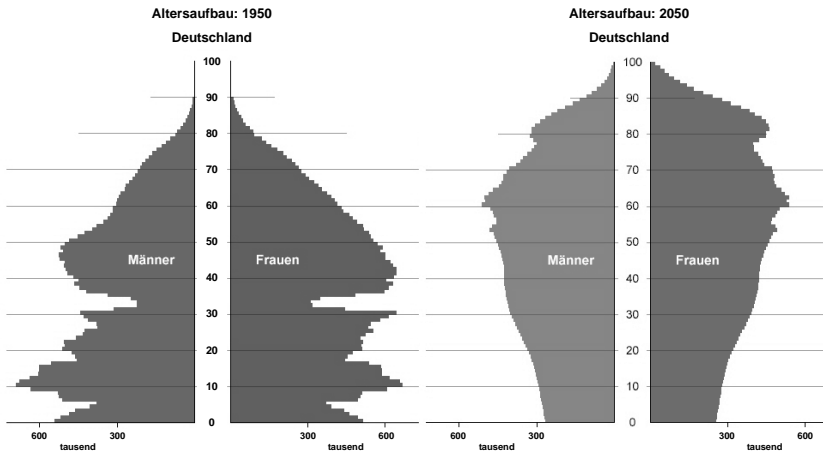


Abbildung 1.3: Der demografische Wandel der Bevölkerungsstruktur Deutschlands: links der Stand von 1950; rechts die prognostizierte Form für das Jahr 2050, aus [75].

1.4 Gründe für benutzerfreundliches Design

Dieser Abschnitt zeigt einige typische Beispiele für Bedienungsängel, die all­ täglich auftreten und die man oft als gegeben hinnimmt, die aber genaue­ genommen Gerätefehler sind. Die Bedienbarkeit eines Geräts gehört genauso zum Funktionsumfang wie die eigentliche Gerätefunktion. Häufig wird die mangel­ hafte Gerätebedienung in Artikeln, die in Zeitungen und Zeitschriften erschei­ nen, angeprangert, ohne dass wirklich nach den Ursachen der Mängel gefragt oder eine Abhilfe vorgeschlagen wird (siehe [7, 13, 47, 52, 66]).

Die Ursachen für diese Mängel werden im Abschnitt 1.4.2 beschrieben. Sie zeigen, warum es nötig ist, Regeln und Hilfsmittel für benutzerfreundliches Design zu entwickeln.

1.4.1 Bedienungs­mängel

Die Anzahl der Funktionen, eines aktuellen Geräts der Unterhaltungselektronik sowie deren Komplexität wächst stark an, so kann man heute beispielsweise mit vielen Video- oder DVD-Rekordern nicht nur Videofilme ansehen und aufzeichnen, sondern sogar semi-professionellen Videoschnitt betreiben und eventuell noch Text und Spezialeffekte in die Filme einfügen. Die Aufnahmetimer moderner Videorekorder können für 365 Tage im voraus programmiert werden, wobei die Programmierung oft durch unklare Abkürzungen und schlecht erkennbare Symbole erschwert wird.

Da diese Funktionen über die Fernbedienung aufgerufen und programmiert werden, steigt auch die Anzahl der Bedienelemente auf der Fernbedienung. Bei dem begrenzten Bauraum, den ein Handgerät bietet, führt das zu immer kleineren Bedienelementen mit zu geringen Abständen und damit auch zu winzigen Beschriftungen (siehe Abbildung 1.4).

Dadurch wird das Zurechtfinden auf der Bedienoberfläche mittels Ertasten erschwert. Bedienoberflächen, die das *haptische*² Orientieren durch Größe, Form oder Anordnung der Bedienelemente zulassen, ermöglichen nach einer gewissen Eingewöhnungszeit eine Benutzung ohne hinzusehen (z.B. Schreibmaschinentastatur) und damit auch mit einem Minimum an Ablenkung von der eigentlichen Aufgabe. Bezeichnend für die mit dieser Ablenkung verbundenen Probleme ist das mittlerweile eingeführte Telefonierverbot am Steuer.

Eine Möglichkeit, die Anzahl der Bedienelemente auf einem Handgerät zu reduzieren, ist der Einsatz von Menüs, die auf dem Display des Handgeräts, wie es bei Mobiltelefonen üblich ist, oder je nach Gerät auf einem Bildschirm (z.B. Fernseher) dargestellt werden können. Die Menüs sind allerdings besonders bei Videorekordern oft nicht selbsterklärend und weisen auch keine klare Struktur oder Benutzerführung auf.

Diese Mängel, die für junge Menschen normalerweise nur ärgerlich und unbequem sind, stellen für ältere Menschen oft unüberwindliche Hindernisse dar, weil deren altersbedingte sensorische, motorische und kognitive Einschränkungen die Bedienungsprobleme verstärken.

²haptisch [gr.: „greifbar“]: den Tastsinn betreffend

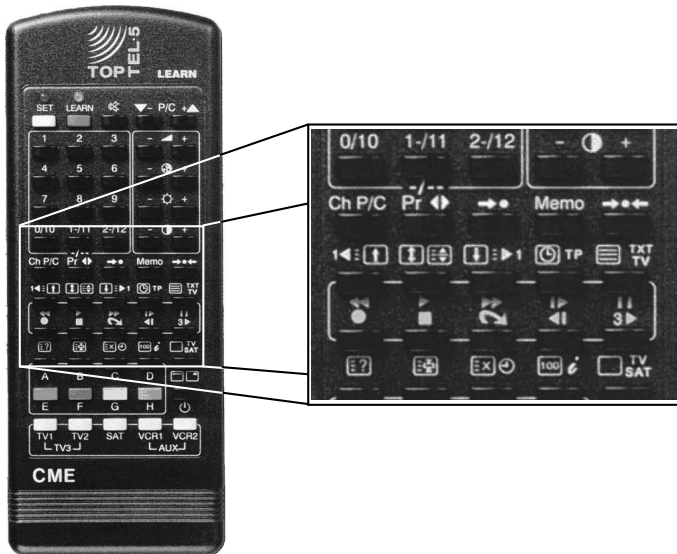


Abbildung 1.4: Überladene Universalfernbedienung mit 55 eng angeordneten Tasten. Beschriftung und Symbole sind winzig und in ihrer Bedeutung sowie der Zuordnung zu den Tasten teilweise unklar. Die Symbole sind auch zu detailliert, so dass sie schon bei geringer Unschärfe - wie die Abbildung verdeutlicht - nicht mehr leicht zu identifizieren sind.

Ältere Menschen können sich eventuell komplizierte Bedienungsabläufe besonders bei seltener Nutzung nicht mehr so leicht merken. Sie haben vielleicht auch nicht das nötige technische Verständnis oder Interesse. Die Folge davon ist, dass sie nicht alle Möglichkeiten ihrer Geräte ausschöpfen können oder ihnen im Extremfall eine Nutzung gar nicht mehr möglich ist. Eventuell sehen sie auch aufgrund schlechter Erfahrungen vom Kauf von Geräten mit neuen Technologien (Mobiltelefone) ganz ab, da sie glauben, dafür zu alt zu sein.

Doch diese Menschen, die an der Programmierung eines Radioweckers zweifeln, beherrschen oft wesentlich komplexere technische Einrichtungen, wie

z.B. ein Auto, einwandfrei. Daraus lässt sich schließen, dass es nicht am Menschen liegt, sondern an der mangelnden Benutzerfreundlichkeit des schlecht zu bedienenden Geräts.

1.4.2 Ursachen für schlechte Bedienbarkeit

Die Hauptursache für eine mangelhafte Benutzerfreundlichkeit von Mensch-Geräte-Schnittstellen ist, dass der Entwickler sich nur schwer in die Situation des Benutzers hineinversetzen kann.

Der Entwickler wählt die Bedienelemente, deren Beschriftung und die Symbolik entsprechend der Funktionsweise und dem inneren Aufbau des Geräts aus. Auch die Menüstrukturen sind oft genauso aufgebaut wie die innere Programmstruktur und verwenden auch deren technische Begriffe und Abkürzungen.

Dies erscheint ihm logisch und nachvollziehbar, ist aber für den Benutzer eventuell völlig unverständlich. Für ihn stellt das Gerät eine sogenannte *Blackbox* (Abbildung 1.5) dar, d.h. er gibt einen Befehl in das Gerät ein und erhält die gewünschte Ausgabe. Was in dem Gerät selbst passiert, weiß er nicht und es interessiert ihn auch in den meisten Fällen nicht.

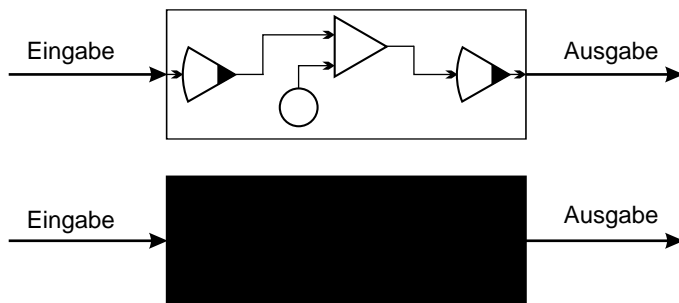


Abbildung 1.5: Oben: Ein Gerät aus Sicht des Entwicklers, der es entworfen hat; Unten: Das gleiche Gerät stellt für den Benutzer eine *Blackbox* dar, weil er den inneren Aufbau nicht kennt.

Der Benutzer sieht das Gerät also aus einem völlig anderen Blickwinkel als der Entwickler und hat ein anderes Vorwissen und eventuell eine andere Denkweise.

Zu diesen auf dem unterschiedlichen Wissensstand von Benutzer und Entwickler basierenden Problemen kommt noch hinzu, dass der Entwickler meist jünger ist als der Benutzer und dadurch mit winzigen Bedienelementen oder Beschriftungen zurecht kommt, die für ältere Menschen nicht zu handhaben bzw. zu entziffern sind.

1.5 Zielsetzung der Arbeit

Das wichtigste Ziel dieses Projekts ist, die mit den im vorigen Abschnitt beschriebenen Bedienungsmängeln verbundenen Schwierigkeiten und Frustrationen des Benutzers zu verringern oder zu vermeiden.

Eine einfachere Gerätebedienung, die besonders die Bedürfnisse älterer Menschen berücksichtigt, erhöht auch deren Motivation und Selbständigkeit im Umgang mit täglich genutzten Geräten. Die seniorengerechte Gerätebedienung kommt - wie schon Gero von Randow in der *Zeit* schrieb³ - zusätzlich auch den jüngeren Menschen zu gute.

Basierend auf diesen Grundgedanken, die am Institut für Elektromechanische Konstruktionen der TU Darmstadt bereits seit Anfang der 90er Jahre verfolgt und beherzigt werden, entstand 1995 das *Sensi-Regelwerk* [81]. Es bildet die Hauptgrundlage des in diesem Projekt entstandene *Online-Regelwerks*.

Aus der Forderung nach Verbesserung der Mensch-Geräte-Schnittstelle und den Grundgedanken zum *Benutzerfreundlichen Design* ergaben sich die folgenden Ziele dieser Arbeit.

- **Benutzerfreundliche Mensch-Geräte-Schnittstellen:** Das Hauptziel dieser Arbeit ist, Benutzerschnittstellen - insbesondere an Geräten der Unterhaltungselektronik - bedienungsfreundlicher und für ältere Menschen zugänglicher zu machen.

³Gero von Randow: „Entwickle für die Jungen und Du schließt die Alten aus. Entwickle für die Alten und Du schließt die Jungen ein.“. [66]

- **Erkennung und Beseitigung der Mängel:** Ein wichtiger Schritt auf dem Weg zur benutzerfreundlichen Mensch-Geräte-Schnittstelle ist, den Entwickler auf die im vorigen Abschnitt beschriebenen Mängel in der Gerätebedienung aufmerksam zu machen und ihn bei deren Beseitigung zu unterstützen.
- **Sensibilisierung des Entwicklers:** Mängel zu erkennen und zu beseitigen ist nur möglich durch eine Sensibilisierung des Geräteentwicklers in Bezug auf die geistigen, körperlichen und sensorischen Einschränkungen mit denen typischerweise bei der Zielgruppe - den Senioren - zu rechnen ist. Dem Entwickler soll sich in die Senioren hinein versetzen können, um deren Einschränkungen aber auch deren Fähigkeiten besser zu verstehen und einzuschätzen.
- **Vermeidung von Mängeln durch eine Unterstützung des Entwicklers:** Anstatt Mängel nachträglich zu erkennen und zu beseitigen, soll mit Hilfe von „Unterstützungswerkzeugen“ dafür gesorgt werden, dass der Entwicklungsingenieur oder Designer seine Geräte von vorn herein benutzerfreundlich gestaltet.
- **Vermeidung von zusätzlichem Zeit- und Kostenaufwand durch die Unterstützung:** Die Arbeit mit dem Unterstützungswerkzeug darf nicht den Gestaltungsprozess verlangsamen, denn jede Verzögerung steigert die Entwicklungskosten. Das System selbst muss für den Entwickler intuitiv benutzbar sein, um eine lange Einarbeitungsphase zu vermeiden.
- **Keine Einschränkung des Designers in seiner gestalterischen Freiheit:** Die Unterstützungswerkzeuge sollen den Entwickler bei seiner Arbeit unterstützen und dürfen den Designer nicht in seiner künstlerischen Freiheit einschränken.
- **Benutzerfreundliche Unterstützung:** Die Unterstützung muss um die Forderungen erfüllen zu können, selbst benutzerfreundlich gestaltet, intuitiv bedienbar und auf die Zielgruppe der Entwicklungsingenieure zugeschnitten sein.

Um diese Ziele zu erreichen, wurde in diesem Projekt ein softwarebasiertes System entworfen und programmiert, das den Entwicklungsingenieur dabei

unterstützt, benutzerfreundlichere Mensch-Maschine-Schnittstellen zu realisieren. Da dieses System bereits in der Konzeptionsphase eines Geräts zum Einsatz kommt, kann der Entwickler die Benutzerfreundlichkeit von Anfang an in seinem Design berücksichtigen, wodurch er Zeit und Kosten einsparen und auf ein späteres Redesign verzichten kann. Durch das in das System integrierte Bewertungssystem kann in der ersten Gestaltungsphase auf aufwändige Benutzertests verzichtet werden.

Diese lassen sich dennoch mit Hilfe einer Bildschirmsimulation und einem Werkzeug zur schnellen Erstellung von Prototypen in einem CAD-Programm leicht durchführen. Zum schnellen Aufbau von Benutzerschnittstellen wurde ein Baukasten entwickelt mit dem funktionsfähige Fernbedienungen zusammengestellt und dem Benutzer zum Test vorgelegt werden können. Er ermöglicht dem Entwickler durch einfaches Umstecken der Bedienelemente eine schnelle Anpassung an die Forderungen der Benutzer und damit die Verbesserung der Benutzerschnittstelle.

In dem System ist eine Wissensbasis in Form einer Datenbank enthalten, die als Grundlage für das Bewertungssystem sowie als Nachschlagewerk und Hilfe für den Entwickler dient.

1.6 Struktur der Arbeit

In Kapitel 2 wird zunächst gezeigt, auf welchem Stand sich die Umsetzung der Regeln zur Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit befindet. Kapitel 3 beschäftigt sich mit den verschiedenen Arten von Hilfsmitteln, die zur Unterstützung des Entwicklers dienen, und legt deren Vorteile und Schwächen dar. Als nächstes wird das im vorigen Abschnitt zur Zielsetzung dieser Arbeit kurz beschriebene Werkzeug - im Folgenden *Darmstädter Entwicklungssystem* (DEws) genannt - detailliert erläutert (Kapitel 4). Die Arbeitsweise mit dem Entwicklungssystem wird in Kapitel 5 anhand des Beispiels der Steuerung eines Videorekorders verdeutlicht.

2 Stand der Forschung

In diesem Kapitel wird beschrieben, in welchen Bereichen des täglichen Lebens Benutzerfreundlichkeit zu finden ist und wo diesbezüglich Defizite bestehen. Es werden auch die Ansätze für Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit gezeigt, die durch den Gesetzgeber vorgegeben sind, sowie deren Umsetzung im Bereich öffentlichen Lebens und, was in dieser Arbeit von größerem Interesse ist, im privaten Bereich.

Es zeigt sich auch, dass eine erhöhte Benutzerfreundlichkeit offensichtlich nur über den Weg der Barrierefreiheit durchzusetzen ist, die oft noch weiter geht und damit bei der Umsetzung das Produkt verteuert.

2.1 Ansätze für Benutzerfreundlichkeit

Es bestehen bereits theoretische Grundlagen für verbesserte Benutzerfreundlichkeit (siehe [76, 83]). Man kann hierbei unterscheiden zwischen Gesetzen, Normen oder Standards und Regelwerken, wie sie in den Kapiteln 3 und 4 beschrieben werden. Gesetze und viele Normen bestehen aus allgemein gehaltenen Regeln und Anforderungen, die aber für den Entwickler bindend sind und damit in der Praxis durchgesetzt werden können. Die Regelwerke sind nicht bindend, enthalten aber detaillierte Empfehlungen, die dem Entwickler erleichtern, die Gesetze und Normen einzuhalten.

In diesem Kapitel werden auch die Prinzipien des *Universal Design* und das *Include*-Projekt beschrieben, deren Regeln bereits in verschiedene internationale Standards eingegangen sind.

2.1.1 Gesetze

Artikel 3 Absatz 3 Satz 2 des Grundgesetzes der Bundesrepublik Deutschland besagt: „Niemand darf wegen seiner Behinderung benachteiligt werden.“

Diesem so genannten *Benachteiligungsverbot* wurde durch Inkrafttreten des *Gesetzes zur Gleichstellung behinderter Menschen* (BGG) am 1. Mai 2002 [6] mehr Geltung verschafft. Das Gesetz regelt die Herstellung von Barrierefreiheit hauptsächlich im öffentlichen Raum (Behörden und Verkehrsbereich aber auch Gaststätten) und erkennt die Gebärdensprache als eigenständige Sprache an.

§11 des BGG definiert die barrierefreie Informationstechnik - in erster Linie in Bezug auf die Internetangebote und grafischen Programmoberflächen der Träger der öffentlichen Gewalt, enthält aber einen Zusatz, nach dem auch kommerzielle Anbieter von Internetseiten und von grafischen Programmoberflächen dazu angehalten werden sollen, ihre Angebote barrierefrei zu gestalten.

Dieses Gesetz stellt damit einen ersten Ansatz zur Durchsetzung verbesserter Benutzerfreundlichkeit auch im privaten Bereich dar, selbst wenn es sich explizit nur auf Menschen mit Behinderungen bezieht (siehe unten) und den „ganz normalen älteren Menschen“, wie er im „Sensi“-Regelwerk definiert ist [81], eigentlich ausklammert.

BGG §3 Behinderung

Menschen sind behindert, wenn ihre körperliche Funktion, geistige Fähigkeit oder seelische Gesundheit mit hoher Wahrscheinlichkeit länger als sechs Monate von dem für das Lebensalter typischen Zustand abweichen und daher ihre Teilhabe am Leben in der Gesellschaft beeinträchtigt ist.

Allerdings profitieren gerade auch ältere Menschen von der Behindertengerechtigkeit, da ihre altersbedingten Einschränkungen oft die abgeschwächte Form entsprechender Behinderungen darstellen (siehe auch Anhang B).

2.1.2 Normen

Die DIN-Norm **DIN 18024** [21] behandelt das *barrierefreie Bauen*. Sie gilt zum einen für Straßen und öffentliche Anlagen (Teil 1) und zum anderen für öffentliche Gebäude und Arbeitsstätten (Teil 2). Die in dieser Norm enthaltenen Gestaltungsrichtlinien beziehen sich hauptsächlich auf Rollstuhlfahrer (Rampen, erhöhte Haltestellen, Übergänge zwischen Gehweg und Fahrbahn usw.) und auf Sehbehinderte bzw. Blinde (taktile und optische Unterscheidung von z.B. Gehweg und Radweg). Die Mensch-Geräte-Schnittstelle wird

nur kurz im Abschnitt *Bedienungselemente* („z.B. an Geld- und Fahrkartenautomaten“) behandelt und enthält nur wenige Details („taktil und optisch kontrastierende Gestaltung“).

Genauere Angaben zur Anordnung und Gestaltung von Bedienelementen in öffentlich zugänglichen Automaten werden in der **DIN EN 1332-3** [23–26] gemacht (Abbildung 2.1).

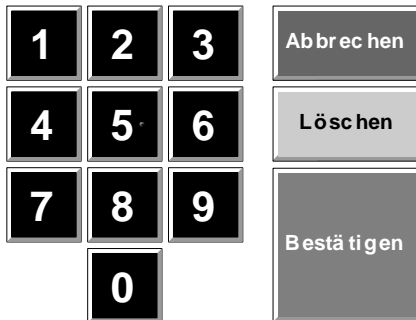


Abbildung 2.1: Numerisches Eingabefeld nach DIN EN 1332-3; Taste *Abbrechen* in Rot, *Löschen* in Gelb und *Bestätigen* in Grün; erhabener Punkt auf Taste 5

DIN Fachbericht 124 „Gestaltung barrierefreier Produkte“ [27] spricht als direkte Zielgruppen die „Entwickler, Hersteller und Anbieter von technischen Produkten“ an und soll dazu dienen, technische Produkte so zu entwickeln, dass sie - gemäß der Definition des *Universal Design* - „von möglichst allen Menschen selbstbestimmt und eigenverantwortlich genutzt werden können“. Die Gestaltungsregeln im Fachbericht sind nicht nur auf die Benutzerschnittstelle öffentlich zugänglicher Geräte, sondern besonders auf Geräte im privaten Bereich ausgelegt. Als Leitsätze sind darin auch die in Abschnitt 2.1.3 beschriebenen Prinzipien des *Universal Design* aufgeführt. Der Fachbericht gibt den aktuellen Stand des Norm-Entwurfs E DIN 33455:2001-08 „Barrierefreie Produkte - Grundsätze und Anforderungen“ wieder.

Der DIN Fachbericht 124 baut auch auf Teil 10 („Grundsätze der Dialoggestaltung“) der **DIN ISO 9241** [12, 32, 33] auf. Diese DIN-Norm wurde für „Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten“ entworfen und Teil 10 bezieht sich auf die Dialoggestaltung softwarebasierter Systeme. Die dort aufgeführten Grundsätze sind aber so allgemein gehalten

ten, dass sie auch als Grundlagen zur Gestaltung von benutzerfreundlichen Dialogen (Menüführungen) in einfacheren Geräten, wie z.B. Videorekordern, verwendet werden können¹.

2.1.3 *Design for All*

Das Hauptziel des *Design for All* oder *Universal Design* ist die Gleichstellung aller Menschen bezüglich der Nutzung technischer Geräte, ungeachtet ihrer Unterschiede oder Einschränkungen. Alle oder wenigstens fast alle Menschen sollen in der Lage sein, die gleichen Geräte ohne Veränderungen, Anpassungen oder Hilfsmittel zu benutzen [78].

Dies stellt sehr hohe Anforderungen an die Benutzerschnittstelle des jeweiligen Geräts und auch besonders an den Entwickler, der die unterschiedlichsten Bedienmöglichkeiten vorsehen muss.

Aufgrund der sehr großen Bandbreite möglicher Einschränkungen erscheint die Forderung des *Design for All* bei komplexeren Geräten nicht erreichbar zu sein. Oft genügen aber schon kleine unwesentlich erscheinende Änderungen, um ein Gerät oder eine Einrichtung einem größeren Personenkreis zugänglich zu machen [38].

Beispielsweise kann eine Bankkarte aufgrund ihrer symmetrischen Form auf vier verschiedene Arten, von denen drei nicht zu dem gewünschten Ergebnis führen, in einen Geldautomaten eingeführt werden. Für einen blinden oder sehbehinderten Menschen ist die richtige Lage der Karte nicht erkenn- oder ertastbar.

Die Kartenleser im Automaten so zu modifizieren, dass sie die Karten in jeder beliebigen Lage ablesen können, ist aufwändig und teuer. Einfacher und praktisch kostenneutral ist die von J. Gill [38] und in DIN EN 1322-2 [24] beschriebene Lösung, eine Vertiefung von mindestens 2 mm Tiefe in die Karte zu integrieren (siehe Abbildung 2.2, links), die das taktile Orientieren erleichtert und die Zahl der verschiedenen Kartenausrichtungen auf eine reduziert.

¹Weitere Normen und Richtlinien, die sich auf die Gestaltung des Umfelds älterer oder behinderter Menschen und auf Benutzerschnittstellen beziehen, sind in [1, 18, 22, 29, 34, 49, 50] zu finden.



Abbildung 2.2: Bankkarte nach [38] (links), modifizierte Form (rechts)

Allerdings erfordert diese Form, dass der Kartennutzer weiß, wo die Vertiefung beim Einführen der Karte in den Automaten liegen muss. Die zweite Variante (siehe Abbildung 2.2, rechts) stellt eine weitere Modifizierung dar, bei der Ansträgungen an der Vorderkante der Karte angebracht wurden, um ihr eine „Pfeilform“ zu geben. Dadurch ergibt sich eine logische Vorzugsrichtung, die der Anwender intuitiv wählt. Die Ansträgungen erleichtern außerdem das Einführen der Karte in den Kartenleser des Automaten.

Im *Centre for Universal Design* an der North Carolina State University wurden die sieben Prinzipien des *Universal Design* (siehe [78] und Tabelle 2.1) entwickelt, die auch in ausführlicher Form in dem Regelwerk, das Bestandteil dieser Arbeit ist, zu finden sind. Sie sollten als Grundlage jedes Designprozesses von Benutzerschnittstellen dienen und dem Entwickler immer im Bewusstsein sein.

2.1.4 *Include-Projekt*

Das *Include-Projekt* („Inclusion of Disabled and Older People in Telematics“) ist eine europaweite Kooperation zwischen Experten auf dem Gebiet der Telematik und älteren bzw. behinderten Menschen, um deren Bedürfnisse optimal im *Telematics Applications Programme* (TAP) der Europäischen Kommission einbringen zu können.

Ziel dieses von 1994 - 98 laufenden Programms war, die Autonomie und Lebensqualität älterer und behinderter Menschen mit Hilfe der Informations- und Kommunikationstechnologie zu steigern. Der erste Teil dieses Programms

Tabelle 2.1: Die sieben Prinzipien des *Universal Design* nach [78]

Prinzip 1:	Gleichberechtigte Benutzung Das Design ist für Menschen mit unterschiedlichen Fähigkeiten einsetzbar.
Prinzip 2:	Flexibler Gebrauch Das Design kann an einen weiten Bereich individueller Einstellungen und Fähigkeiten angepasst werden.
Prinzip 3:	Einfacher und intuitiver Gebrauch Die Bedienung ist leicht verständlich - unabhängig von der Erfahrung, dem Wissen, sprachlichen Fähigkeiten oder momentaner Konzentration des Benutzers.
Prinzip 4:	Wahrnehmbare Information Benötigte Informationen werden unabhängig von Umgebungsbedingungen oder den sensorischen Fähigkeiten des Nutzers verständlich übertragen.
Prinzip 5:	Fehlertoleranz Das System minimiert Fehlfunktionen und unbeabsichtigte Reaktionen auf zufällige oder ungewollte Eingaben.
Prinzip 6:	Geringe physische Anstrengung Das Gerät kann mit einem Minimum an Ermüdung effizient und bequem genutzt werden.
Prinzip 7:	Erreichbarkeit Die Größe des Geräts und der Raum um das Gerät sind ausreichend für Erreichbarkeit und Gebrauch - unabhängig von Größe, Körperhaltung oder Mobilität des Benutzers.

beschäftigte sich damit, behinderten und älteren Menschen den Zugang zur Informations- und Kommunikationstechnologie zu ermöglichen. Ziel des zweiten Teils war die Kompensation von Einschränkungen und Behinderungen, d.h. die Verbesserung der Mobilität und der Kommunikation mit anderen Personen sowie ein Zurechtkommen in der direkten Umgebung zu erleichtern.

Im Zuge des *Include*-Projekts wurde eine Internet-Site² erstellt, auf der

²Site: Englisch für Ort, Standort oder (Ausgrabungs-)Stätte; Im Zusammenhang mit dem Internet wird mit „Site“ ein komplettes Web-Angebot bezeichnet, das aus

Informationen, Designrichtlinien, Literatur (z.B. [4, 30, 31, 37, 39–44, 74]) sowie Hilfsmittel (*tools*) für Telematik Designer und Entwickler zu finden sind³. Die *Include*-Site beinhaltet auch Informationsmaterial über neue Geräte und Dienstleistungen für ältere und behinderte Menschen und Personen, die mit ihnen arbeiten.

Außerdem ermöglicht die *Include*-Site Entwicklern, über ein Expertenforum, dem sogenannten „Help Desk“, bzw. eine Adressenliste („Expert Directory“) mit Spezialisten auf dem Gebiet des benutzerfreundlichen und behindertengerechten Designs Kontakt aufzunehmen, um Ratschläge und Anregungen zu erhalten.

2.2 Benutzerfreundlichkeit in der Praxis

Die Gesetze und Normierungen helfen bei der Umsetzung der Regeln des benutzerfreundlichen Designs in der Praxis. Allerdings beschränkt sich die Umsetzung meistens auf die Bereiche des öffentlichen Lebens, wie in den nächsten Abschnitten beschrieben.

Es scheint, als müsse im Bereich der Mensch-Maschine-Schnittstelle noch ein Umdenken - nicht nur auf Seiten der Hersteller, sondern auch auf der Seite der Konsumenten - stattfinden. Der Konsument hat das Recht ein gekauftes Gerät innerhalb von acht Tagen umzutauschen oder zurückzugeben. Diese Möglichkeit sollte er nutzen und Geräte, die er aufgrund einer mangelhafter Benutzerschnittstelle nicht handhaben kann, zurückzugeben. Auf lange Sicht führt dies dazu, dass die Hersteller benutzerfreundlichere Geräte herstellen müssen, um sich auf dem Markt zu behaupten.

2.2.1 Öffentlicher Raum

Am weitesten fortgeschritten ist die Umsetzung der DIN 18024 (Barrierefreies Bauen), besonders in Bezug auf Zugangsmöglichkeiten zu öffentlichen Gebäuden und dem öffentlichen Verkehr für Rollstuhlfahrer in Form von Aufzügen,

mehreren Seiten besteht. (Definition nach <http://www.glossar.de/>)

³<http://www.stakes.fi/include/>

sich automatisch öffnenden Türen, Rampen oder auch sich in Richtung des Ausstiegs absenkenden Bussen.

Problematisch wird es, wenn diese Hilfen bedient werden müssen, beispielsweise besitzen Aufzüge in einigen Bahnhöfen zwar sehr großflächige Tasten (ca. 40 mm Kantenlänge). Sie sind aber aus mattiertem Edelstahl und liegen, um Vandalismus vorzubeugen, bündig in der Oberfläche, die ebenfalls aus mattiertem Edelstahl ist, d.h. es besteht weder eine optische, noch eine taktile Unterscheidungsmöglichkeit zwischen Taste und umgebender Oberfläche.

Besser gestaltet sind die Eingabefelder von Geldautomaten (siehe Abbildung 2.1 auf Seite 18), die meistens auch pultartig, also in einem flachen Winkel $\leq 45^\circ$, ausgeführt sind. Fahrkartenautomaten besitzen in der Regel ein senk-

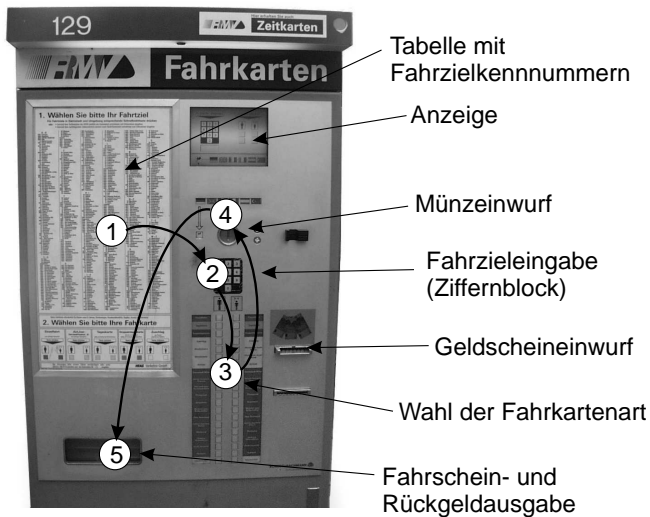


Abbildung 2.3: Aktueller Fahrkartenautomat der Deutschen Bahn. Die Anzeige befindet sich für einen ca. 1,80 m großen Menschen in Augenhöhe. Die Ziffern und Pfeile geben die Bedienreihenfolge bei Münzzahlung an, wobei der Blick auf die Anzeige bei jedem Bedienschritt vernachlässigt wurde.

recht stehendes Bedienfeld, dessen Anzeige auch oft so hoch platziert ist, dass ältere Menschen Schwierigkeiten haben, sie mit einer Gleitsichtbrille abzulesen.

Außerdem ist die Bedienung dieser Automaten in den letzten Jahren eher komplizierter als einfacher geworden, weil die vorhandenen Bedienkonzepte dem gewachsenen Funktionsumfang nicht angepasst wurden (Abbildung 2.3).

Die Deutsche Bahn wirbt paradoxerweise auf einer neunseitigen Bedienungsanleitung für ihre Fahrkartenautomaten damit, diese seien einfach zu bedienen. Wären sie einfach zu bedienen, dann wäre die Anleitung überflüssig.

2.2.2 Privater Bereich

Bei der Gestaltung von Benutzeroberflächen im privaten Umfeld fehlt dem Gesetzgeber die Handhabe zur Durchsetzung von Vorschriften, schon allein weil viele Geräte aus Fernost kommen und damit auf den dort üblichen Anforderungen, Arbeits- und Denkweisen basieren (siehe [48]).

Eine Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit ist bei den Geräten der Haushaltstechnik zu verzeichnen. Die Tendenz geht wieder weg von den Sensortasten, zurück zur Bedienung über Drehwahlschalter, die aufgrund ihrer Größe und intuitiven Handhabung besonders von älteren Menschen gut bedient werden können. Viele Geräte weisen auch eine Neigung des Bedienfelds auf, was das Ablesen von Anzeigen und auch das Ablegen der Hand erleichtert.

Das Design von Geräten der Unterhaltungselektronik aber ist Modeerscheinungen unterworfen, was oft zu für ältere Menschen unmöglich zu bedienenden Gerätefronten führt. Typisch sind immer noch schwarze senkrecht stehende Frontplatten mit kleinen flachen schwarzen Tasten und sehr kleiner Beschriftung. Der Trend geht aber mittlerweile wieder zu silberner Oberflächengestaltung, was der Erkennbarkeit von Bedienelementen und Beschriftungen zugute kommt.

Wie bereits in Abschnitt 1.4.1 beschrieben, hat die Gerätefront gegenüber der Fernbedienung zur Bedienung an Bedeutung verloren. Dennoch wird der Gestaltung der Gerätefront mehr Aufmerksamkeit gewidmet, auch um ein einheitliches Design für verschiedene Geräte des selben Herstellers zu erreichen.

Die Fernbedienungen dagegen werden oft von Zulieferern eingekauft, wodurch das Layout des Bedienfeldes - und damit die Benutzungsfreundlichkeit - bei den verschiedenen Geräten und in verschiedenen Modelljahrgängen stark variieren kann. Die mit der Baugröße und der Fülle an Funktionen verbundenen Probleme bei der Benutzung von Fernbedienungen wurden ebenfalls bereits in Abschnitt 1.4.1 behandelt.

Der Einsatz von Universalfernbedienungen, die mehrere Fernbedienungen für unterschiedliche Geräte in einer einzigen zusammenfassen, ist ein Lösungsansatz für die Bedienprobleme, auch weil man sich, wenn man ein neues Gerät erwirbt, nicht an eine neue Fernbedienung gewöhnen muss. Allerdings sind diese Fernbedienungen entweder selbst noch komplizierter als die geräteeigenen, da sie noch mehr Funktionen beherrschen müssen, oder sie sind nur in der Lage, die Grundfunktionen (z.B. Kanalwechsel, Lautstärkeregelung) auszuführen. Für erweiterte Funktionen (z.B. Programmierung des Aufnahmetimers eines Videorekorders) wird Originalfernbedienung benötigt, mit der der Benutzer dann noch schlechter zurecht kommt, weil er sie nur selten verwendet.

Mobiltelefone weisen ähnliche Probleme wie Fernbedienungen in Bezug auf die Größenverhältnisse und steigenden Funktionsumfang auf - allerdings in verstärkter Form: Bei Telefonen kommt noch hinzu, dass sie auf eine sehr kleine Anzeige angewiesen sind, während bei der Bedienung von Hifi-Geräten meist auf den Bildschirm des Fernsehschirms zurückgegriffen werden kann. Der große Funktionsumfang wird bei Telefonen über eine Menüsteuerung bewältigt, die aber in der Regel nur mit einer schlechten Benutzerführung ausgestattet ist. Dank neuer größerer und besser ablesbarer Farbd Displays sowie dem Einsatz von Sprachführungen ist es möglich, die Bedienmängel zu verringern.

2.3 Zusammenfassung

Das *Gesetz zur Gleichstellung behinderter Menschen* ermöglicht eine verstärkte Umsetzung der Barrierefreiheit und damit auch eine Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit in der Praxis. Eine weitere Möglichkeit sind die Normen wie z.B. DIN 18024 *Barrierefreies Bauen*, die auch erste Ansätze zur besseren Gerätebedienung liefern.

Richtungweisend sind internationale Projekte wie *Include (Inclusion of Disabled und Older People in Telematics)*, das von der Europäischen Kommission initiiert wurde, und die international anerkannten Regeln des *Universal Design* oder *Design for all*, die auch z.B. in DIN Fachbericht 124 *Gestaltung barrierefreier Produkte* berücksichtigt wurden.

Allerdings geht die Realisierung nur schleppend voran, da die Bedeutung der Benutzerfreundlichkeit der Mensch-Maschine-Schnittstelle von Hersteller und Konsument erst langsam erkannt wird.

3 Unterstützung bei der Entwicklung benutzerfreundlicher Geräte

Für ältere Menschen ist der Umgang mit technischen Geräten oft sehr mühselig, bisweilen ist er ihnen auch aufgrund altersbedingter Einschränkungen versagt (siehe Anhang B).

Den Geräte-Entwicklern ist dies aber meistens nicht bewusst und selbst wenn sie die Problematik kennen, wissen sie nicht, wie sie die Geräte benutzerfreundlicher gestalten sollen. Es existieren jedoch verschiedene Ansätze, um den Entwickler diesbezüglich zu unterstützen. Einige davon sollen im Folgenden näher beschrieben werden und sind zum Teil in diese Arbeit eingeflossen.

3.1 Arten der Unterstützung

Die verschiedenen Arten der Unterstützung beim benutzerfreundlichen Design können in zwei Gruppen eingeteilt werden, die theoretische und die experimentelle Unterstützung. Sie unterscheiden sich außer in ihrem Grundkonzept auch in ihrer Flexibilität im Umgang mit verschiedenen Benutzerproblemen und besonders in ihrem finanziellen und zeitlichen Aufwand.

3.1.1 Theoretische Unterstützung

Theoretische Unterstützung bei der Gestaltung benutzerfreundlicher Mensch-Maschine-Schnittstellen erhält der Entwickler durch die Nutzung so genannter *Regelwerke*, die meistens in Papierform vorliegen, aber auch zum Teil im Internet zu finden sind. Weitere Informationen, die besser auf den Einzelfall

zugeschnitten sind, liefern *Expertensysteme*, bei denen ein direkter Zugriff auf das Spezialwissen von Experten erfolgt.

3.1.1.1 Regelwerke

Die Konstruktionsregeln für benutzerfreundliches Design werden meistens in Regelwerken zusammengefasst. Das größte und vollständigste Werk dieser Art ist das *Handbuch der Ergonomie* (HdE) [72], das mittlerweile fünf DIN A4-Ordner umfasst. Es ist für die ergonomische Gestaltung von Arbeitsplätzen und -mitteln - nicht für das private Umfeld - erstellt worden, betrachtet also nur die Eigenschaften, Fähigkeiten und Fertigkeiten von Menschen bis zum Erreichen des Rentenalters (über 60 Jahren [75]). Trotzdem können viele Regeln für das seniorengerechte Design daraus abgeleitet werden und sind auch in das *Sensi-Regelwerk* [81] eingeflossen¹.

Das HdE ist geräteorientiert strukturiert, d.h. die wesentlichen Anforderungen an eine bestimmte technische Komponente (z.B. Drehschalter) sind zusammengefasst, um den Zugriff auf die gesuchten Daten zu beschleunigen. Allerdings sind die beispielsweise für die Anordnung relevanten Daten an einer anderen Stelle beschrieben als für die Abmessungen und Kräfte, was die Suche erschwert. Schnelleren Zugriff auf die Daten des HdE bietet *EKIDES* (Ergonomics Knowledge and Intelligent Design System), das als Datenbank-Version des HdE unter Microsoft Access XP an der TU München erstellt wurde. Mit *EKIDES* können auch ergonomische Überprüfungen von Arbeitsplätzen und Mensch-Maschine-Schnittstellen durchgeführt werden.

Regelwerke, die dem interessierten Entwickler im Gegensatz zum HdE oder *EKIDES* kostenlos (meist im Internet abrufbar) zur Verfügung stehen und direkt auf Geräte des alltäglichen Bedarfs abgestimmt sind [5], wie z.B. Küchengeräte, Geld- oder Fahrscheinautomaten, beziehen sich zumeist auf die Regeln des *Design for All* oder *Universal Design* (siehe Abschnitt 2.1.3) von G. Vanderheiden [78]. Diese Regeln wurden auch für ältere, aber primär für körperlich und geistig behinderte Menschen aufgestellt.

¹Weiterführende Literatur zur Ergonomie, die auch im Sensi-Regelwerk und in dieser Arbeit berücksichtigt wurden, sind [14, 54, 55, 67, 73].

Dazu gehören die Richtlinien des „Accessible Design of Consumer Products“ [77] von G. Vanderheiden, die sehr allgemein gehalten sind und nicht nach technischen Komponenten, sondern nach Art der Behinderung sortiert sind und damit nur einen langsamen und umständlichen Zugriff für den Entwickler bieten. Die Richtlinien beinhalten anschauliche Beispiele und Darstellungen, die dem Entwickler die Probleme des Anwenders verdeutlichen.

Der *Resource Guide for Accessible Design of Consumer Electronics* [59] wurde von der *Electronic Industries Association* (EIA) in Auftrag gegeben und basiert unter anderem auf den Arbeiten von G. Vanderheiden. Die Zielgruppe des *Resource Guide* sind behinderte aber auch ausdrücklich ältere Menschen über 65. Neben Designregeln verfügt er über eine sogenannte *Roadmap* (siehe Abbildung 3.1), mit deren Hilfe der Nutzer des *Resource Guide* durch das Beantworten von Fragen schrittweise zu dem für seine Anwendung geeigneten Bedienelement bzw. Anzeige geführt wird. Außerdem ist eine umfangreiche auf den Regeln basierende Checkliste zur Überprüfung einer Benutzerschnittstelle enthalten. Die Regeln sind zunächst nach allgemeinen Anforderungen an Größe, Form, Farbcodierung, Anordnung und allgemeinen Beschreibungen der Funktionsweise zur Auswahl z.B. eines Bedienelements gegliedert. Danach sind die Regeln noch einmal nach Komponenten und deren Eigenschaften sortiert (wie im HdE), wodurch viele Regeln doppelt erscheinen.

Das *Sensi-Regelwerk*, das am Institut für Elektromechanische Konstruktionen der Technischen Universität Darmstadt entstand, ist - wie bereits in Abschnitt 1.3.2 erwähnt - direkt auf die Bedürfnisse der älteren Menschen ausgelegt. Die Grundlage seiner Struktur bildet eine Matrix („Sensi-Matrix“ oder „Matrix der Einflussfaktoren“ - siehe Abbildung 3.2), die auf der horizontalen Achse die „altersbedingten Beeinträchtigungen“ des Menschen und auf der vertikalen Achse die „allgemeinen Einflussfaktoren“ (Eigenschaften der Benutzerschnittstelle) enthält. Die Schnittpunkte (schwarze Quadrate) zeigen den gegenseitigen Einfluss. Die Matrix stellt eine Visualisierung der Mensch-Maschine-Schnittstelle dar. Zu jedem Schnittpunkt existieren Konstruktionsregeln und -hinweise. Sie sind im *Sensi-Katalog* gemäß dem Aufbau der Matrix gegliedert (z.B. Matrixeinträge *I Stelleile – 1 Art – a Sehen* führen zu Abschnitt *I-1-a*; Matrixeinträge *II Anzeigen – 1 Beschriftung – i Gedächtnis* zu

Table 1 - Road Map to Applicable Design Guidelines

	Design Feature	If no, go to	If Yes	Applicable Guidelines
1	Does your product require input (control) from the user in some format?	5	°	1.1, 1.4.1, 1.4.4, 4.2
2	Will your product have more than one control?	3	°	1.2, 1.3, 1.4
3	Are you undecided about what type of control to used?	4	°	1.0, 1.1.1
4	Are you considering the following types of controls:	5		
	Pushbuttons?		°	1.5
	Keyboards/keypads?		°	1.6
	Membrane keys?		°	1.7
	Touchscreens?		°	1.8
	Rocker switches?		°	1.9
	Rotary controls?		°	1.10
	Slide switches?		°	1.11
	Toggle switches?		°	1.12
	Push-pull controls?		°	1.13
	Mouse?		°	1.14
	Trackball?		°	1.15
	Foot controls?		°	1.16
	Auditory input?		°	1.17
5	Are you undecided about the mode of presenting information to the user (e.g., visual, auditory, tactile)?	6	°	2.1, 3.1.1
6	Does your product have any visual output?	7	°	2.1, 2.2, 2.4
	Text output?		°	2.3

Abbildung 3.1: Ausschnitt aus der *Roadmap* des *Resource Guide* [59]. Die Beantwortung der Fragen führt den Leser schnell zu den gesuchten Regeln, die im *Resource Guide* unter den in der rechten Spalte angegebenen Abschnitten abgelegt sind.

Abschnitt *II-1-i*). Dadurch hat der Benutzer einen schnellen Zugriff auf z.B. Regeln, die die *Art* von *Stellteilen* betreffen, muss dann aber aus dem Einfluss der Art eines Stellteils auf das *Sehen* oder *Fühlen/Tasten* zurückschließen, wie das Stellteil zu gestalten ist.

Diese Vorgehensweise ist etwas umständlicher, sensibilisiert aber den Entwickler stärker für die Anforderungen älterer Menschen an die Mensch-Maschine-Schnittstelle.

Weitere Regelwerke, die sich hauptsächlich auf die Telekommunikation beziehen, entstanden in dem bereits beschriebenen *Include-Projekt* [69, 70] (Abschnitt 2.1.4). Die Regeln sind in erster Linie auf körperlich und geistig Be-

<div>Altersbedingte Beeinträchtigungen</div> <div>Allgemeine Einflußfaktoren</div>		Sinne				Körper			Geist			
		a Sehen	b Hören	c Fühlen/Tasten	d Riechen/Schmecken	e Beweglichkeit	f Kraft	g Fingerfertigkeit	h Informationsverarbeitung	i Gedächtnis	j Reaktion	k Koordination
I Stellteile	1 Art	■	■			■	■		■		■	■
	2 Größe	■										
	3 Mechanik	■	■			■	■					
II Anzeigen	1 Beschriftung	■	■						■	■		
	2 Art	■	■	■					■	■	■	■
III Anordnung	1 Stellteile und Anzeigen	■	■						■	■		■
IV Bedienungsanleitung	1 Getrennt vom Gerät	■	■				■		■	■		■
	2 Kurzfassung am Gerät	■	■				■		■	■		■
V Menüs	1 Steuerung	■	■				■		■	■		■
	2 Anzeige	■	■	■					■			

Abbildung 3.2: Die „Matrix der Einflussfaktoren“ aus dem *Regelkatalog Sensi-Geräte* [81]. Auf der Abszisse sind die Eigenschaften des Menschen aufgetragen, auf der Ordinate die Eigenschaften der Benutzerschnittstelle. Die durch schwarze Quadrate markierten Schnittpunkte von Mensch und Maschine geben den gegenseitigen Einfluss wieder. Zu jedem Schnittpunkt existieren Regeln, die über die Nummerierungen schnell gefunden werden.

hinderte zugeschnitten. Besonders die Regeln für Sehbehinderte und Hörgeschädigte lassen sich aber auch beim senioren gerechten Design anwenden. Am *Include*-Projekt ist auch das *Royal National Institute for the Blind* beteiligt, das eine Reihe von Broschüren [4, 37, 39–44, 74] veröffentlicht hat.

Das Institut beschäftigt sich hauptsächlich mit dem Zugang zu öffentlichen Fernsprechern, Bankautomaten u.ä. für Sehbehinderte und Blinde. Die

Broschüren sollen den Leser für deren Probleme sensibilisieren und bieten auch allgemeine Hinweise zur Verbesserung der Mensch-Maschine-Schnittstelle.

Andere Regelwerke beschäftigen sich mit der Gestaltung von Benutzeroberflächen und Menüführungen auf Bildschirmen und der Kommunikation mit Computern [8, 64, 65]. Viele der grundlegenden Regeln aus diesem Bereich lassen sich auch auf die Gestaltung und Steuerung von Geräten der Unterhaltungselektronik anwenden.

3.1.1.2 Expertensysteme

Expertensysteme sind Rechnerprogramme, die zur Lösung von Aufgaben auf das Wissen und die Erfahrung von Experten auf einem bestimmten Fachgebiet zurückgreifen können. Sie bestehen aus folgenden Modulen:

- **Benutzerschnittstelle:** Schnittstelle zwischen Anwender und System.
- **Wissensbasis:** Datenbank mit dem Fachwissen von Experten und Regeln.
- **Lernfähigkeit:** Aufnahme neuer Daten in die Datenbank und Veränderung bestehender Daten.
- **Inferenzmechanismus:** Entscheidungsfindung gemäß der Daten und Regeln der Wissensbasis.
- **Erläuterung:** Erklärungen für den Anwender über die getroffene Entscheidung.

Expertensysteme erlauben nicht nur das Abrufen des gespeicherten Wissens, sondern helfen auch bei der Entscheidungsfindung durch logische Schlussfolgerung². Allerdings erfordern die Eigenschaften der Lernfähigkeit und der Entscheidungsfindung den Einsatz von *Künstlicher Intelligenz*³ (KI).

Echte Expertensysteme auf dem Gebiet des benutzerfreundlichen Designs sind bislang nicht bekannt. Aber es existieren Programme, über die der Anwender auf eine umfangreiche Wissensbasis zugreifen kann und die teilweise

²von der am Institut für Informatik der Universität Zürich verwendeten Definition abgeleitet

³Künstliche Intelligenz: Software, die in der Lage ist, menschliche Intelligenz zumindest teilweise nachzuahmen.

automatisierte Analysen ermöglichen, wie das bereits beschriebene ergonomische Datenbanksystem *EKIDES*.

3.1.2 Experimentelle Unterstützung

Will ein Designer ein völlig neues Bedienkonzept erproben, das sich in kein bekanntes Schema einordnen lässt, oder ist das zu prüfende Konzept sehr komplex, dann reicht die theoretische Unterstützung, die im vorigen Abschnitt vorgestellt wurden, oft nicht aus.

Gerade bei neuen Konzepten bestehen eventuell keine ausreichenden Erfahrungen, so dass selbst die Expertensysteme kein Ergebnis liefern können. Unter diesen Umständen ist es unerlässlich, sich experimenteller Unterstützung zu bedienen, um die fehlenden Daten für eine Bewertung empirisch zu ermitteln. Experimente werden auch durchgeführt, um die Ergebnisse theoretischer Evaluationen zu verifizieren.

Experimentelle Untersuchungen sind aber in der Regel mit einem großen Aufwand an Räumlichkeiten und geschultem Personal verbunden und können nur bei einer großen Anzahl an Probanden eine statistisch zuverlässige Aussage machen.

3.1.2.1 *Age-Explorer*

Eine Art, dem Entwickler bewusst zu machen, mit welchen körperlichen Einschränkungen man im Alter zu kämpfen hat, ist, ihn diese Einschränkungen am eigenen Leib spüren zu lassen.

Um den Ingenieuren die Möglichkeit zu bieten, diese Erfahrung zu machen, wurde bei Meyer-Hentschel Management Consulting [61] der sogenannte *Age-Explorer* (Abbildung 3.3) entwickelt, ein Anzug, der mit dicken Handschuhen, Gewichten und einem Helm mit eingeschränktem Sichtfeld und gelb getöntem Visier ausgestattet ist. Wer ihn trägt und dabei alltägliche Arbeiten wie Staubsaugen ausführt, versteht schnell die Schwierigkeiten älterer Menschen im Umgang mit scheinbar einfach zu bedienenden Geräten.

Allerdings ist das Wissen um das Vorhandensein von Defiziten im Alter noch nicht ausreichend, um benutzerfreundlichere und seniorengerechte-



Abbildung 3.3: Der *Age-Explorer* von Meyer-Hentschel Management Consulting in Saarbrücken hilft dem jungen Entwickler, sich in ältere Menschen hinein zu versetzen.

re Mensch-Maschine-Schnittstellen konstruieren zu können. Dazu benötigt der Entwickler wiederum die Regelwerke, denen er entnehmen kann, wie er die Benutzerschnittstelle konzipieren muss.

3.1.2.2 Usability Laboratories

Eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung der Benutzerschnittstelle neben der Sensibilisierung des Entwicklers durch eigene Erfahrungen z.B. mit dem oder durch die Bereitstellung von Regelwerken ist, den Anwender - also ältere Menschen - selbst in den Konstruktionsprozess mit einzubinden [15, 19]. Diese Vorgehensweise, die auf den Erfahrungen der Anwender basiert, wird auch *partizi-*

*pative*⁴ Gestaltung genannt. Wichtige Komponenten dieses Verfahrens sind die Nutzer- oder Feldtests, die in einem Labor (*Usability Laboratory* oder *Usability Lab*) durchgeführt werden und zu deren Durchführung Modelle (*3D-Mock-ups*) hergestellt und in mehreren Schritten weiterentwickelt werden.

Im *Usability Lab* werden Produkte von Probanden aus der Zielgruppe des Produkts erprobt, indem sie produktspezifische Aufgaben (z.B. das Speichern von Telefonnummern oder das Verschicken von Kurzmeldungen beim Mobiltelefon) ausführen. Anhand von Bedienungsfehlern oder -problemen können so Konzepte zur Verbesserung des Produkts erarbeitet werden. In sogenannten *Focus groups* werden in einer Art Brainstorming neue Produktideen entwickelt oder auch die Schwachstellen bestehender Produkte diskutiert. Eine *Focus group* besteht aus sechs bis zehn Teilnehmern aus der Zielgruppe des Produkts und einem in Bezug auf Gruppendynamik und -kommunikation geschulten Moderator.

Experimente und Diskussionen werden über eine im *Usability Lab* installierte Videoanlage zur späteren Auswertung aufgezeichnet. Das Labor bietet auch Möglichkeiten zur flexiblen Umgestaltung des Raumes zur Anpassung an unterschiedliche Umgebungsanforderungen bei Experimenten.

3.2 Beurteilung

Die beschriebenen Hilfsmittel zur theoretischen Unterstützung (Regelwerke) des Designprozesses werden nur selten eingesetzt, weil der Entwickler bzw. Designer nicht die Zeit hat, umfangreiche Literatur zu lesen und die für ihn relevanten Regeln herauszusuchen, d.h. der Zugriff auf die Regeln ist in Büchern zu langsam und mühselig, um wirklich genutzt zu werden. Einen bequemerem und schnelleren Zugriff können Regelwerke bieten, die in elektronischer Form

⁴Partizipative Gestaltung: „Entwurfsmethode im Design, bei der der spätere Nutzer schon von Anfang an in den Gestaltungsprozess intensiv mit einbezogen wird. Neben der Beobachtung und Befragung sind dabei Nutzertests von Probeaufbauten und Modellen unentbehrlich. Sie nehmen weitreichenden Einfluss auf Ideenfindung und Entwurf. Denn Modifizierung des Entwurfs und dessen Test erfolgen im steten Wandel (iteratives Vorgehen).“ aus [35].

verfügbar sind, da hierbei meist die Suchfunktion des Betriebssystems genutzt werden kann. Diese Suchfunktion springt nacheinander an alle Stellen im Text, an denen der Suchbegriff vorkommt, ist aber nicht in der Lage, alle gefundenen Textpassagen auf einer Seite darzustellen, die der Nutzer ausdrucken könnte.

Die experimentellen Verfahren sind sehr kostenintensiv und zeitaufwändig, weil für die Experimente immer wieder veränderte und dennoch funktionsfähige Modelle hergestellt und getestet werden müssen. Außerdem stellt die umfangreiche Ausstattung eines *Usability Labs* mit Räumen, Geräten und geschultem Personal für kleinere Firmen ein finanzielles Hindernis dar.

Es muss ein schnelleres System entworfen werden, mit dessen Unterstützung der Entwickler ohne großen Aufwand und zusätzliche Verzögerung benutzerfreundliche und seniorengerechte Geräte entwickeln kann und das die Vorteile von Regelwerken und *partizipativer Gestaltung* vereint. Dieses System selbst muss ebenfalls benutzerfreundlich gestaltet sein und einen schnellen Zugriff auf die Daten der Wissensbasis ermöglichen, damit es vom Entwickler oder Designer akzeptiert und eingesetzt wird.

3.3 Zusammenfassung

Die verschiedenen *Werkzeuge*, die den Entwickler dabei unterstützen sollen, benutzerfreundliche Mensch-Maschine-Schnittstellen zu gestalten, lassen sich in theoretische und experimentelle Hilfsmittel unterteilen. Zu ersteren zählen Regelwerke und Richtlinien, die nur in der Lage sind, allgemeine Hinweise und Lösungen anzubieten. Expertensysteme dagegen erarbeiten mittels einer Wissensbasis individuelle auf das Problem zugeschnittene Lösungen.

Experimentelle Unterstützung wie *Usability Labs* oder der *Age-Explorer* ist in der Regel aufwändiger, liefert aber auf das Problem und die Zielgruppe speziell zugeschnittene Ergebnisse.

Im nächsten Kapitel wird ein System vorgestellt, das auf der Analyse der Schwachstellen der beschriebenen Hilfsmittel für benutzerfreundliches Design basiert und versucht, die Vorteile der theoretischen und der experimentellen Unterstützung zu vereinen, ohne deren Nachteile zu übernehmen.

4 Darmstädter Entwicklungssystem für benutzerfreundliche Geräte

In diesem Kapitel wird das *Darmstädter Entwicklungssystem für benutzerfreundliche Geräte der Unterhaltungselektronik* (DEws) beschrieben, das in dieser Arbeit entworfen wurde. Es handelt sich dabei um ein weitgehend softwarebasiertes und damit schnelles Werkzeug, das dem Entwicklungsprozess zum Erstellen von Mensch-Maschine-Schnittstellen die Komponente der Benutzerfreundlichkeit hinzufügen soll, ohne die Entwicklung dabei zu verlangsamen oder die Kosten zu steigern. Da die wesentlichen Teile des DEws in internetkompatibler Form programmiert wurden, stehen diese dem interessierten Entwickler auf dem Internet-Server des Instituts für Elektromechanische Konstruktionen¹ zur Verfügung.

Das DEws dient als Dolmetscher oder Vermittler zwischen Entwickler und Nutzer, die aufgrund ihrer unterschiedlichen Kenntnisse in Bezug auf die Funktionsweise des zu bedienenden Geräts und ihres Altersunterschieds nicht die gleiche Sprache sprechen und nicht die gleiche Denkweise besitzen (siehe Abschnitt 1.4.2).

Der Autor dieses Berichts und Entwickler des DEws ist Ingenieur im Bereich der Gerätetechnik. Bei einer stark softwarebasierten Arbeit erschien es zunächst als sinnvoll, Informatiker mit der Programmierung des DEws zu betrauen und zur Akquisition von Daten und die Befragung der Nutzergruppe Sozialpädagogen heranzuziehen.

Der Vorteil, dieses Projekt von Geräteentwicklern bearbeiten zu lassen, be-

¹<http://www.emk.tu-darmstadt.de> oder
<http://www.benutzerfreundliches-design.de/>

steht darin, dass das DEws in der Sprache der Anwender - der Geräteentwickler - verfasst wurde bzw. das System dieser Zielgruppe entsprechend ausgelegt werden konnte, was dem Ingenieur die Arbeit mit dem DEws erleichtert.

Über das ebenfalls von der DFG geförderte *Sentha*²-Projekt standen für dieses Projekt auch Sozialpädagogen zur Verfügung, die sich mit der Akquisition und Auswertung von Daten über Senioren beschäftigten.

4.1 Anwendungsgebiete des DEws

Geräte der Unterhaltungselektronik, die in diesem Projekt untersucht wurden, wie Videorekorder, Fernseher oder Hifi-Anlagen sind üblicherweise mit einer Fernbedienung ausgestattet, mit der der Benutzer das Gerät bedienen kann. Diese besitzt in der Regel ein Tastenfeld in der Gehäuseoberfläche. Spracheingabe ist bei Fernbedienungen noch wenig verbreitet, wird aber bei Mobiltelefonen bereits häufiger eingesetzt. In letzter Zeit werden auch Stellräder und -walzen besonders zur Navigation in Menüs verwendet.

Viele Geräte lassen sich auch über die Bedienelemente in ihrer Frontplatte vollständig steuern, also je nach Gerät und Funktion über Tasten, Tastenfelder, Druck- oder Kippschalter sowie Drehregler. Bei einigen Fernsehgeräten und Satellitenreceivern ist allerdings zur Programmierung und für bestimmte Einstellungen wie Helligkeit, Kontrast oder das Arbeiten mit Video-Text die Fernbedienung nötig, da die Frontplatte nur noch über einen Ein-/Ausschalter und „Up-/Down“-Tasten zum sequentiellen Kanalwechsel verfügt. Diese Geräte können ohne Fernbedienung nicht mehr in vollem Umfang genutzt werden.

Die heute übliche Anzahl von Fernsehkanälen, von etwa 30 beim Kabelanschluss bis zu 200 beim digitalen Satellitenempfang, die vielen Einstellmög-

²Sentha: *Seniorengerechte Technik im häuslichen Alltag* - An der Sentha-Forscherguppe sind die TU Berlin das Berliner Institut für Sozialforschung, das Deutsche Zentrum für Altersforschung in Heidelberg, die Universität der Künste Berlin, die Brandenburgisch Technische Universität Cottbus und das Zentrum Technik und Gesellschaft der TU Berlin beteiligt. Die Gruppe beschäftigt sich mit „der empirischen Untersuchung der speziellen Anforderungen älterer Menschen an Produkte des häuslichen Alltags“ und der Entwicklung von Produkten, die diesen Ansprüchen besser gerecht werden (nach <http://www.sentha.tu-berlin.de/>); Literatur zum *Sentha*-Projekt: [20, 35, 62, 79, 80].

lichkeiten der Hifi-Geräte, wie z.B. die Koordination von fünf und mehr Lautsprecherboxen beim Dolby-Surround, oder die erweiterten Auswahlmöglichkeiten bei DVD-Spielern haben die Fernbedienung heute fast unentbehrlich, aber auch sehr kompliziert gemacht.

Außerdem ist es gerade älteren Menschen auch nicht zumutbar, in jeder Werbepause aufzustehen, um den Fernseher auf einen anderen Kanal umzuschalten oder in gebückter Haltung vor dem Fernseher zu stehen, bis der richtige Kanal gefunden ist.

Die obengenannten Gründe führen dazu, dass die Gerätebedienung über die Frontplatte zu Gunsten der Verwendung der Fernbedienung als Eingabekanal an Bedeutung verloren hat. Deshalb bildeten Handgeräte, zu denen die Fernbedienung zählt (aber auch Mobil- und schnurlose Telefone), den inhaltlichen Schwerpunkt bei der Erstellung des *Darmstädter Entwicklungssystems* zum benutzerfreundlichen und seniorengerechten Design in diesem Projekt.

Die Regeln im *Online-Regelwerk* des DEws sind aber auch auf das Design anderer Geräte des täglichen Bedarfs wie z.B. Haushaltsgeräte anwendbar, da hier die gleichen Anforderungen gelten, die auch an Frontplatten von Hifi-Geräten gestellt werden.

4.2 Anwender des DEws

Das DEws wurde für die Entwickler und Designer von Benutzerschnittstellen im kommerziellen Bereich besonders für Geräte der Unterhaltungselektronik erstellt. Es handelt sich dabei meist um Ingenieure aus den Bereichen Elektrotechnik, Feinwerktechnik und Industriedesign. Diese Personengruppe ist in der Regel wesentlich jünger als die Käufer- bzw. Nutzergruppe für die sie die Geräte entwerfen.

4.2.1 Notwendige Vorkenntnisse

Der Ingenieur als Anwender des DEws benötigt zur Nutzung der Hauptfunktionen - *Online-Konstruktionsregelwerk* (Abschnitt 4.3.1) und *Simulationsumgebung* (Abschnitt 4.3.3) nur die heute üblichen Kenntnisse im Umgang mit Internet-Browsern und -seiten. Das Bewertungstool läuft automatisch ab und

erfordert daher keine weiteren Kenntnisse oder Einarbeitung. Für den Umgang mit der Entwicklungsumgebung zur Erstellung funktionsfähiger Prototypen (Abschnitt 4.3.2) sowie zur Erweiterung und Anpassung des Baukastens sind lediglich Grundkenntnisse in AutoCAD 2000 zum Zeichnen von 2D-Formen nötig. AutoCAD 2000 ist ein intuitiv zu bedienendes CAD-Programm. Die Erzeugung der 3D-Daten zur Steuerung eines Stereolithographiegeräts, mit dem Modelle hergestellt werden, erfolgt mit Hilfe selbsterklärender Makros weitgehend automatisiert.

4.3 Aufbau und Komponenten des DEws

In Abbildung 4.1 sind die einzelnen Komponenten des *Darmstädter Entwicklungssystems* und ihre Verknüpfung untereinander dargestellt. Die Pfeile geben die Datenflussrichtungen zwischen den Modulen und die Kommunikationsschnittstellen zwischen dem System und dem Anwender an.

Die Datenformen und Flussrichtungen werden in den Abschnitten über die Komponenten des DEws erläutert (siehe auch Anhang D *Fluss- und Ablaufdiagramme*).

Der zentrale Punkt des *Darmstädter Entwicklungssystems* ist eine umfangreiche Wissensbasis, das *Online-Konstruktionsregelwerk*. Neben Regeln zur Gestaltung von Benutzeroberflächen und dem Entwurf von Bedienkonzepten enthält es auch Informationen über den Menschen und die Veränderungen im Alter. Diese sind für das Verständnis des Benutzerfreundlichen Designs und zur Erzeugung benutzerfreundlicher Mensch-Maschine-Schnittstellen unerlässlich.

Die weiteren Komponenten des DEws sind eine *Simulationsumgebung* zur schnellen und flexiblen Simulation selbstentwickelter oder bereits vorhandener und zu prüfender Benutzerschnittstellen und eine Unterstützung zur Erstellung realer und funktionsfähiger Prototypen von Handgeräten in einem Rapid-Prototyping-Verfahren. Verbunden sind diese Komponenten durch ein Bewertungssystem, das die Benutzerschnittstellen in der Simulation und der Prototypenentwicklung mit Hilfe der Daten aus der Wissensdatenbank überprüft und bewertet.

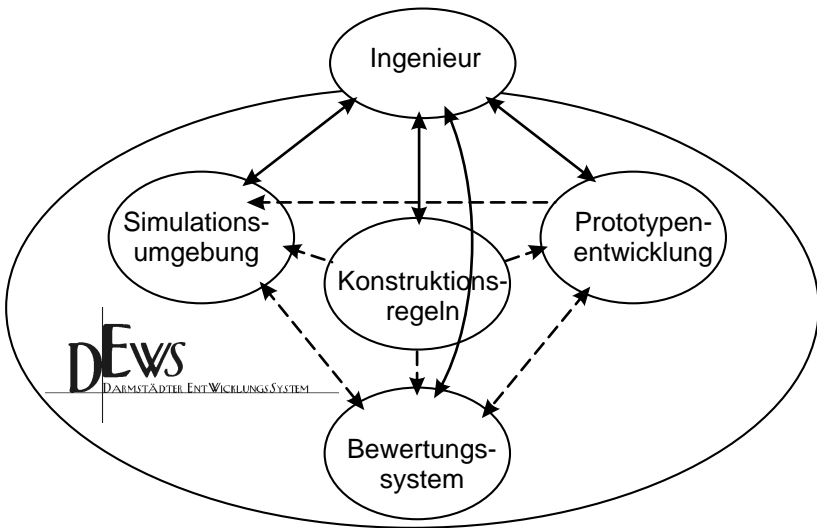


Abbildung 4.1: Verknüpfungen und Datenflussrichtungen innerhalb des DEws (Strichlinien) und Kommunikation mit dem Ingenieur (durchgezogene Linien).

4.3.1 Das Online-Konstruktionsregelwerk

Im Zuge einer Literaturrecherche wurden verschiedene Konstruktionskataloge bzw. Regelwerke für benutzerfreundliches Design analysiert.

Die Ziele der Untersuchungen waren, einerseits einen optimalen Aufbau für das zu überarbeitende *Sensi*-Regelwerk zu erreichen und andererseits neue Konstruktionsregeln zu finden bzw. mehrfach vorhandene Regeln auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen.

Die Analyse der Regelwerke wurde nach den folgenden drei Hauptkriterien durchgeführt:

- **Zielgruppen:** Zunächst muss festgestellt werden, für welche Zielgruppen das Regelwerk bestimmt ist. Hierbei sind zwei Zielgruppen zu unterscheiden:

- Die erste ist die der Anwender, die den Katalog und die darin enthaltenen Regeln auf das Design neuer Produkte anwenden sollen, also z.B. Entwickler von Haushaltsgeräten, Unterhaltungselektronik oder Mobiltelefonen.
- Die zweite Zielgruppe setzt sich aus den Nutzern der Produkte zusammen, die mit Hilfe der Regeln konstruiert wurden. Auf die Bedürfnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten dieser Zielgruppe (z.B. Senioren, Sehbehinderte...) beziehen sich die Regeln des analysierten Regelwerks.
- **Struktur:** Bei diesem Teil der Analyse wird die Gliederung des Konstruktionskatalogs untersucht, besonders im Hinblick auf die Benutzerfreundlichkeit des Katalogs selbst. Ein wichtiges Kriterium hierbei ist die Schnelligkeit des Zugriffs auf gesuchte Regeln. Ausschlaggebend ist, wie leicht der Leser die Regeln findet, und ob zusammengehörnde Regeln in einem gemeinsamen Kapitel abgelegt sind oder in verschiedenen Abschnitten zusammengesucht werden müssen.

Wichtig ist auch die Orientierung innerhalb des Katalogs, d.h. ob der Anwender erkennen kann, in welchem Kapitel er sich befindet, und in welche Richtung er blättern muss, um zum Ziel zu gelangen.
- **Inhalt:** Diese Kategorie bezieht sich auf die Konstruktionsregeln selbst und wie sie als Ergänzungen in den neuen Konstruktionskatalog einfließen können. Dazu gehören auch die Hintergrundinformationen, die zu den verschiedenen Defiziten älterer Menschen angegeben werden.

Weitere Kriterien beziehen sich darauf, ob das untersuchte Regelwerk auf Papier oder elektronischer Form, also auf dem Rechner, vorliegt.

Beide Formen haben ihre spezifischen Vor- und Nachteile. In der Literaturrecherche wurden die Regelwerke daraufhin untersucht, ob die Vorteile und Möglichkeiten der jeweiligen Erscheinungsform genutzt wurden (Tabelle 4.1).

Die meisten Regelwerke wurden erstellt, um den Entwickler behindertengerechter Geräte anzuleiten, z.B. [4, 39, 43, 45, 77]. Die Ausnahme bilden das *Handbuch der Ergonomie* [72], das primär zur Arbeitsplatz- und Arbeitsmittelgestaltung erstellt wurde, und das *Sensi*-Regelwerk [81], das als einziger

Tabelle 4.1: Vor- und Nachteile der Verbreitungsmedien *Papier* und *Elektronisch*

Form	Vorteile	Nachteile
Papier	<ul style="list-style-type: none"> + Auch lange Passagen angenehm zu lesen + Leicht zu handhaben („selbsterklärend“) + Notizen, Anmerkungen, Markierungen und Lesezeichen leicht einzufügen + Schnelles Durchblättern 	<ul style="list-style-type: none"> – Nicht immer griffbereit (im Bücherregal) – Erweiterungen umständlich – Gezielte Suche ist langsam, Verweise statisch, unübersichtlich, wenn Daten auf mehreren Seiten verteilt
Elektr.	<ul style="list-style-type: none"> + Zugriff auf Daten schnell, vollständig (Suchfunktion) + Ist auf dem PC immer verfügbar und kann leicht (für Kollegen) kopiert werden + Dynamische Verweise (Sprung zum Verweisthema) + Verknüpfungen mit anderen Programmen + Anzeigen des Inhaltsverzeichnisses verbessert die Orientierung des Benutzers + Veranschaulichung durch aktive Elemente (z.B. Filme) + Einfach erweiterbar 	<ul style="list-style-type: none"> – Nur kurze Passagen sind gut zu lesen – Nicht zwangsweise „selbsterklärend“ – Langsames Durchblättern

Regelkatalog speziell auf das seniorengerechte Design ausgerichtet ist (siehe auch Kapitel 3). Aus vielen Regeln für behindertengerechtes Design lassen sich auch Regeln für seniorengerechtes Design ableiten, z.B. Regeln für das Graphik- [51, 82] und Softwaredesign [53] für Sehbehinderte. Die dort angegebenen Regeln zur taktilen Orientierung erleichtern auch Sehenden die Benutzung eines Geräts.

Bei den verschiedenen Regelwerken kann zwischen zwei Grundstrukturen (*defizitorientiert* oder *geräteorientiert*) unterschieden werden (Tabelle 4.2), die aber meist in Mischform auftreten.

Tabelle 4.2: Strukturen von Regelwerken

Struktur	Erläuterung	Vorteile	Nachteile
Geräteorientiert	Gliederung nach Bestandteilen der Benutzerschnittstelle (z.B. HdE [72]: Stellteile, Anzeigen...)	+ Entspricht der Vorgehensweise des Entwicklers + Schneller Zugriff auf Eigenschaften von Benutzerschnittstellen + Auflistung aller relevanten Regeln an einer Stelle	- Geringe Sensibilisierung für die Bedürfnisse des Menschen
Defizitorientiert	Gliederung nach den Defiziten bzw. Eigenschaften des Menschen (z.B. Sensi-Regelwerk: Sinne, Körper, Geist...)	+ Sehr gute Sensibilisierung für die Bedürfnisse des Menschen	- Daten müssen aus mehreren Regeln zusammengesucht werden ⇒ Gefahr der Unvollständigkeit durch Suchen

Defizitorientiert heißt, dass die Konstruktionsregeln im Katalog nach Defiziten und Eigenschaften des Gerätenutzers gegliedert sind, also nach Einschränkungen von Sinnen, Körper und Geist. Ist der Katalog gemäß den Komponenten der Benutzerschnittstelle aufgebaut, wird er als *geräteorientiert* bezeichnet. Da die defizitorientierte Struktur in Reinform sehr unübersichtlich wäre und nicht zum Nachschlagen bestimmter Anforderungen geeignet ist, wird ihr oft eine grobe geräteorientierte Struktur zugrundegelegt, so ist z.B. der Abschnitt mit Konstruktionsregeln in [77] zunächst grob in „Ausgaben“, „Eingaben“, „Handhabung“ sowie „Dokumentation“ und „Sicherheit“ gegliedert, die

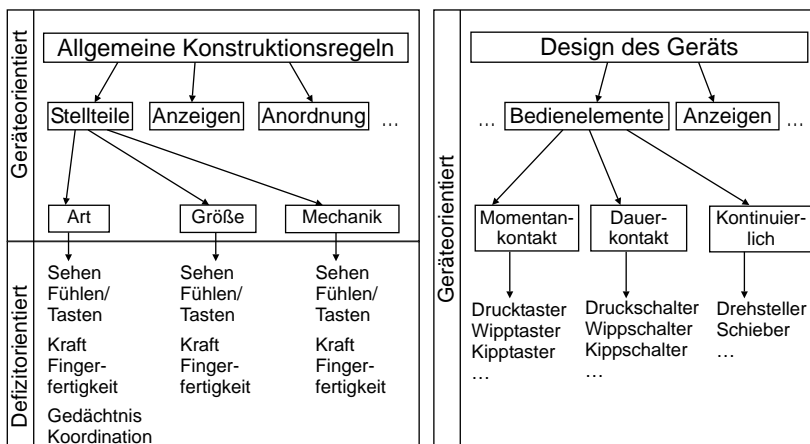


Abbildung 4.2: Ausschnitte aus der Struktur des Sensi-Regelwerks (links) und des Online-Konstruktionskatalogs (rechts)

einzelnen Abschnitte aber defizitorientiert in beispielsweise „Maximiere die Anzahl von Menschen, die ... Bedienelemente erreichen können. ... Bedienelemente finden, obwohl sie sie nicht sehen können. ... Beschriftungen lesen können. ...“. Diese Abschnitte enthalten entsprechende Gestaltungsregeln. Ein Entwickler, der Informationen über das Design von Bedienelementen sucht, muss alle Abschnitte zum Thema „Eingaben“ nach relevanten Regeln durchforsten, was ihn eventuell viel Zeit kostet.

Auch das *Sensi*-Regelwerk ist in einer Mischstruktur (siehe Abbildung 4.2 links) aufgebaut. Die Regeln sind zunächst in Stellteile, Anzeigen usw. grob- (geräteorientiert) und dann nach den menschlichen Eigenschaften (Sinne, Körper und Geist) feingegliedert (defizitorientiert). Diese Gliederungsform erfordert immer noch einen erhöhten Suchaufwand, d.h. der Anwender muss die relevanten Regeln zu einem bestimmten Bauelement zusammensuchen.

Der neue *Online*-Konstruktionsregelkatalog wurde, um den Suchaufwand zu minimieren und einen möglichst schnellen und bequemen Zugriff auf alle für ein bestimmtes Bauelement der Benutzerschnittstelle relevanten Regeln zu

bieten, rein geräteorientiert strukturiert (Abbildung 4.2 rechts). Das Kapitel „Design des Geräts“ ist zunächst grob unterteilt in Regeln, die das Gesamtgerät, die Bedienelemente, die Anzeigen usw. betreffen. Die Grobgliederungen sind wiederum unterteilt, z.B. die Bedienelemente in Bedienelementfunktionen (Momentankontaktgabe, Dauerkontaktgabe...). Diese Untergruppen enthalten die Konstruktionsregeln, sortiert nach Bedienelementen (Drucktaster, Kipptaster...). Die Konstruktionsregeln beziehen sich auf Form, Größe, Betätigungskräfte, Anordnung auf einer Geräteoberfläche usw. des entsprechenden Bedienelements.

Die geräteorientierte Struktur ermöglicht den Überblick über alle für ein bestimmtes Bauelement der Benutzerschnittstelle relevanten Regeln. Sie entspricht auch der Arbeitsweise des Entwicklers, der primär Bauelemente wie Schalter oder Taster und deren Eigenschaften sucht. Allerdings muss hierbei der Nachteil in Kauf genommen werden, dass der Entwickler nicht in dem Maß für die Bedürfnisse älterer Menschen sensibilisiert wird, wie es bei einer defizitorientierten Struktur möglich wäre. Bei dieser Strukturierung lassen sich die gesuchten Eigenschaften von Bestandteilen einer Benutzerschnittstelle nur über die Eigenschaften und Einschränkungen des Menschen finden. Das Zusammensuchen ist jedoch zeitaufwändig und birgt die Gefahr, dass relevante Regeln übersehen werden, wenn der Anwender nicht bei jeder Suche das komplette Regelwerk durchsucht.

Software-Auswahl Die Erweiterung des Konstruktionsregelkatalogs zu dem *Darmstädter Entwicklungssystem*, in dessen Zentrum das Regelwerk als Wissensbasis steht, wurde durch die Umwandlung in eine reine geräteorientierte Struktur sowie die Implementierung als Online-Datenbank, die im Internet frei verfügbar ist, erst möglich.

Durch die Forderung, das Regelwerk als Datenbank aufzubauen, wurde die Auswahl der möglichen Datenformate und Programmierungsumgebungen zur Erstellung des Regelwerks stark eingeschränkt. So konnte das *pdf*³-Format trotz einfacher Programmierbarkeit, Unabhängigkeit vom Betriebssystem und

³pdf: PortableDocumentFormat - stark komprimiertes Datenformat für Dokumente, die nicht bearbeitet werden sollen; im Internet sehr verbreitet.

Internetfähigkeit nicht eingesetzt werden, weil ein pdf-Dokument nicht als Datenbank eingesetzt oder nachträglich verändert werden kann. Es besteht auch keine Möglichkeit für andere Programme auf im pdf-Format abgespeicherte Daten zurückzugreifen.

Das Datenbank-Verwaltungsprogramm *Access* von *Microsoft* bietet alle Möglichkeiten einer komfortablen Datenbank-Steuerung, ist aber von *Microsoft*-Betriebssystemen abhängig, nicht internetfähig und bietet keine geeigneten Schnittstellen zu anderen Programmen, so dass eine Einbindung in das DEws nicht sinnvoll ist.

Um die nötige Flexibilität zu gewährleisten, wurde das Regelwerk in Form eines dynamischen HTML⁴-Dokuments mit Javascript⁵- und VisualBasic⁶-Steuerung (zum Zugriff auf die Datenbanken, zur Koordinierung der Bildschirmausgabe und zur Kommunikation mit den anderen Komponenten des DEws) programmiert.

HTML ermöglicht auch die größte gestalterische Freiheit für die Darstellung der Konstruktionsregeln. Dadurch kann das Regelwerk so gestaltet werden, dass der Anwender intuitiv damit zurecht kommt. Bei MS Access ist der Anwender weitgehend auf die von Microsoft vorgegebene Form beschränkt.

Strukturierung Der Zugriff auf die Datenbanken (Abbildung 4.3) erfolgt über eine HTML-Benutzeroberfläche, die im Internet-Browser auf dem Bildschirm des Anwenders angezeigt wird und sich wie eine normale Internet-Seite bedienen lässt.

Die Javascript-Steuerung liest die vom Anwender angeforderten Daten aus den Datenbanken und erzeugt daraus ein neues HTML-Dokument, das auf dem Bildschirm angezeigt wird (siehe Anhang D.1). Die Steuerung erlaubt die Suche in der Datenbank und auch die Veränderung bestehender Daten (über die VisualBasic-Steuerung). Da der jeweils angezeigte Abschnitt aus dem Regelwerk erst beim Aufrufen der Inhalte der Datenbanken erzeugt wird, werden eventuelle Änderungen immer sofort berücksichtigt und angezeigt. Dies ermöglicht einen sehr schnellen Zugriff auf Regeln und Querverbindungen zwischen den Regeln über sogenannte *Hyperlinks*.

Das Layout des HTML-Dokuments (Abbildung 4.4) ist so gewählt, dass auf der linken Seite des Fensters das Inhaltsverzeichnis als Baum, wie es z.B.

⁴HTML: HyperTextMarkupLanguage - Internet-gerechte Form eines mit Hyper-

Tabelle 4.3: Software-Auswahl für das Online-Konstruktionsregelwerk: das HTML-Format ist in Verbindung mit einer Javascript-Steuerung am Besten geeignet.

Kriterium	pdf-Format	MS Access	HTML / JS
Internetfähigkeit	+	-	+
Erweiterbarkeit	-	+	+
Flexibilität	-	+	+
Gestaltungsfreiheit	0	-	+
Benutzerfreundlichkeit	0	-	+
Datenbankstruktur	-	+	+
Betriebssystemunabhängigkeit	+	-	+

aus dem *MS Explorer* bekannt ist, dargestellt wird. Durch Anklicken der Einträge des Inhaltsverzeichnisses ist es möglich, zu dem gewünschten Kapitel zu springen. Der Baum verändert sich mit dem Abschnitt, in dem sich der Benutzer gerade befindet, und zeigt die weiteren Unterabschnitte des aktuellen Abschnitts an, der durch Fettdruck hervorgehoben wird. Beim Anklicken eines Eintrags wird in dem weiß unterlegten Hauptfenster der gewünschte Inhalt angezeigt. Oberhalb des Hauptfensters befindet sich wie bei einem Buch eine Kopfzeile, die das aktuelle Kapitel anzeigt. Die Kopfzeile enthält unter anderem Schaltflächen zur Navigation im Regelwerk, wodurch ein Blättern im Katalog ermöglicht wird. Weitere Schaltflächen öffnen die Stichwortsuchfunktion, das Stichwortverzeichnis, die Druckansicht des aktuellen Abschnitts sowie die Maske für neue Eintragungen in die Datenbank. Wie die vergrößerte Darstellung des Inhaltsverzeichnisses in Abbildung 4.4 zeigt, besitzt der Konstruktionsregelkatalog neben Einleitung und Literaturliste zwei Hauptkapitel, die Konstruktionsregeln und Informationen über den Menschen enthalten.

Im Kapitel „Konstruktionsregeln“ sind auch die Prinzipien des *Universal Design* als grundlegende Regeln enthalten (siehe Tabelle 2.1 auf Seite 21).

text-Technologie (aktive Querverweise) verfassten Dokumentes. Es ermöglicht die Einbindung von Komponenten wie Grafik, Video und Internet-Diensten.

⁵Javascript: eine Scriptsprache zur Steuerung von HTML-Dokumenten

⁶VisualBasic: eine objektorientierte Programmiersprache

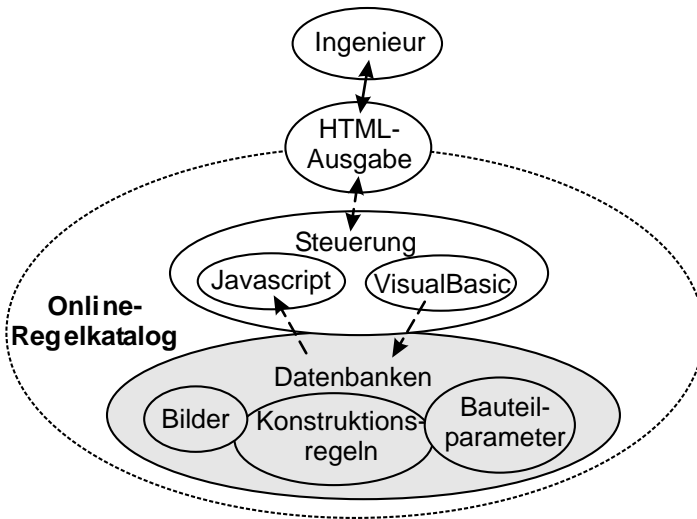


Abbildung 4.3: Datenbankzugriffe und Ausgaben an den Anwender (Ingenieur): die HTML-Ausgabe dient als für den Anwender verständliche Benutzerschnittstelle; die internen Verknüpfungen (Strichlinien) sind nur mit Kenntnis der jeweiligen Programmiersprache lesbar.

Unter Abschnitt „Design des Geräts“ sind alle bauelementespezifischen Regeln, wie in Abbildung 4.2 rechts dargestellt, zu finden. Der Abschnitt „Umgang mit dem Gerät“ bezieht sich auf die Gerätebedienung allgemein und auf den Aufbau von Menüstrukturen, aber auch auf die Gestaltung von Bedienungsanleitungen und Handhabeverrichtungen, wie das Wechseln von Batterien.

Das Kapitel „Der Mensch“ definiert die Zielgruppe der Konstruktionsregeln, den „ganz normalen älteren Menschen“, der auch schon in Abschnitt 1.3.2 beschrieben wurde. In weiteren Unterabschnitten werden die altersbedingten Beeinträchtigungen von Sinnen, Körper und Geist des Menschen - gegliedert wie in der Tabelle in Abbildung 4.5 dargestellt - näher erläutert.

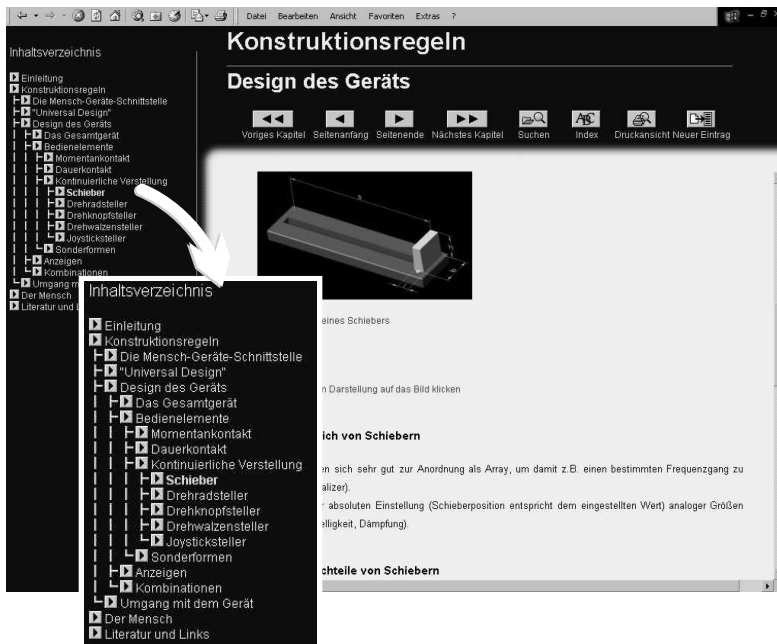


Abbildung 4.4: Screenshot aus dem Online-Konstruktionsregelwerk mit vergrößerter Darstellung des Inhaltsverzeichnisses

4.3.2 Die Prototypenentwicklung

Das Ziel der Prototypenentwicklungsumgebung ist, den Entwickler dabei zu unterstützen, reale und voll funktionsfähige Prototypen von Fernbedienungen aufzubauen, die dem Endanwender, also beispielsweise älteren Menschen, in Feldtests zur Erprobung und Bewertung vorgelegt werden können. Dazu sollten die Modelle möglichst realitätsnah (und funktionsfähig) sein, um zuverlässige Daten über die Benutzerfreundlichkeit des Bedienkonzepts zu ermitteln.

Der Aufbau der Geräte muss schnell und unkompliziert - ohne größere Vorkenntnisse - möglich sein und sollte den Entwickler bei der Gestaltung der Benutzerschnittstelle nicht einschränken, da sonst die Gefahr besteht, dass er das

System nicht akzeptiert. Um dieses hohe Maß an Flexibilität bieten zu können, wurde ein Konzept erstellt, das eine teilweise automatisierte Gestaltung der Benutzerschnittstellen in einem CAD-Programm vorsieht - mit anschließender Herstellung in einem Rapid-Prototyping-Verfahren (z.B. Stereo-Lithographie) und Integration einer entsprechenden Fernbedienungselektronik.

Da die handelsüblichen CAD-Programme untereinander nicht kompatibel sind und eigene Programmiersprachen verwenden, ist es nicht möglich die Prototypenentwicklungsumgebung plattformunabhängig zu gestalten. Sie müsste für jedes CAD-Programm neu programmiert werden.

Als CAD-Software für die Prototypenentwicklungsumgebung des DEws wurde *AutoCAD 2000* von *AutoDesk* ausgewählt, ein *MS Windows*-basiertes Programm zum Erstellen von 2D- und 3D-CAD-Zeichnungen. AutoCAD bietet sich an, da es zu der unter Designern verbreiteten 3D-Zeichen- und Animationssoftware *3D-Studio Max* kompatibel ist und auch weitere Eigenschaften hat, die für den Einsatz im DEws von Vorteil sind und die andere CAD-Programme wie z.B. *ProEngineer* nicht aufweisen.

AutoCAD 2000 ist im Gegensatz zu ProEngineer in seinen Grundfunktionen, dem Zeichnen von zweidimensionalen Formen, intuitiv bedienbar. Weitere Kenntnisse werden vom Anwender der Prototypenentwicklung nicht gefordert.



Sinne	Körper	Geist
Sehen	Kraft	Informationsverarbeitung
Hören	Feinmotorik	Gedächtnis
Fühlen/Tasten		Reaktion
		Koordination

Abbildung 4.5: Tabelle aus dem Abschnitt „Altersbedingte Beeinträchtigungen“ im Kapitel „Der Mensch“ des Online-Regelwerks

Mit ProEngineer lassen sich nur dreidimensionale Körper erstellen, was die Bedienung kompliziert macht und mehr Grundkenntnisse erfordert.

Zur Erstellung der dritten Dimension der Benutzerschnittstellen wurde ein eigenes Programm unter AutoCAD entwickelt, das im Folgenden beschrieben wird.

Weiterhin ist in AutoCAD die Möglichkeit gegeben, die CAD-Daten in einem für Stereo-Lithographie-Geräte lesbarem Datenformat auszugeben. Über eine *Render*⁷-Funktion lassen sich die Benutzerschnittstellen als photorealistische Darstellungen exportieren. Dieses Datenformat ist mit der Simulationssoftware kompatibel.

Ein entscheidender Vorteil von AutoCAD gegenüber ProEngineer ist die geringere Anforderung an die Rechner-Hardware. ProEngineer ist nur mit bestimmten Grafikkarten lauffähig.

Weitere Eigenschaften, die die Kompatibilität mit den anderen Komponenten des DEws sicherstellen, sind die Unterstützung von Hyperlinks und die Möglichkeit, Daten im *ASCII*⁸-Format abzuspeichern.

Letzteres ist unter der AutoCAD-eigenen Programmiersprache *VisualLisp* [9] möglich, mit der Makros⁹ und eigene Bearbeitungsrouitinen, aber auch komplizierte Berechnungen programmiert werden können. Sie erlaubt auch die Erstellung von Eingabefenstern für Benutzereingaben (z.B. Bauteilparameter).

Das Starten der eigenen Programme und Makros erfolgt über eine Texteingabezeile oder über eine Verknüpfung in einem sogenannten *Werkzeugkasten* (auch *Symbolleiste*). Ein Werkzeugkasten enthält thematisch zusammenpassende Funktionen, die durch Anklicken von Schaltflächen mit Symbo-

⁷Rendering: Engl. für „Übersetzung“ oder „Übertragung“ - Im CAD- und Grafikbereich versteht man unter Rendering die optische Aufwertung eines dreidimensionalen CAD-Modells mittels computerunterstützter Prozesse / Algorithmen.

⁸ASCII: „American Standard Code for Information Interchange“ - wurde zur Datenübertragung mittels Telex entwickelt. Für jedes Zeichen gibt es einen Zahlencode, der es ermöglicht, zwischen verschiedenen Systemen Texte auszutauschen.

⁹Makro: Wiederholt auftretende Arbeitsabläufe werden zusammengefasst und als Programmstück abgespeichert. Bei Bedarf werden sie durch Betätigen einer Tastenkombination oder einer Schaltfläche abgerufen.



Abbildung 4.6: Ausschnitt aus der AutoCAD-Oberfläche mit dem „Benutzerschnittstellen-Werkzeugkasten“, der in diesem Projekt entwickelt wurde; anklickbare Funktionen: (von links) *Tasten erstellen*, *Gehäuse erstellen*, *Bewerten*, *DEws-Hilfe*

len (*Icons*¹⁰) gestartet werden (siehe Abbildung 4.6). Im folgenden Abschnitt werden die einzelnen Schritte zur Erstellung einer dreidimensionalen Benutzeroberfläche unter Verwendung des Werkzeugkastens *Benutzerschnittstellen* beschrieben (Ablaufdiagramme: siehe Anhang D.3).

4.3.2.1 Erstellung einer Benutzeroberfläche

Abbildung 4.7 zeigt die Komponenten des Werkzeugkastens *Benutzerschnittstellen*. Die Funktionen „Tasten erstellen“, „Gehäuse erstellen“, „Bewertung“, und „Hilfe“ können direkt über die Icons angewählt werden. Die Funktion zum Export der Bauteildaten (z.B. Name, Funktion, Position, Größe) als ASCII-Daten läuft automatisch im Hintergrund ab, die Daten werden zum einen für die Bewertung und zum anderen zum Einbinden der Benutzerschnittstelle in die Simulationsumgebung benötigt.

Beim Anklicken des Icons *Tasten erstellen* wird ein Eingabefenster geöffnet, in dem der Benutzer aufgefordert wird, einen Namen und die gewünschten

¹⁰Icons sind Piktogramme, kleine Bildelemente, die bei grafischen Benutzeroberflächen als bildliche Ergänzung eingesetzt werden und über die man beispielsweise Programme aufrufen kann. (Definition nach <http://www.glossar.de/>)

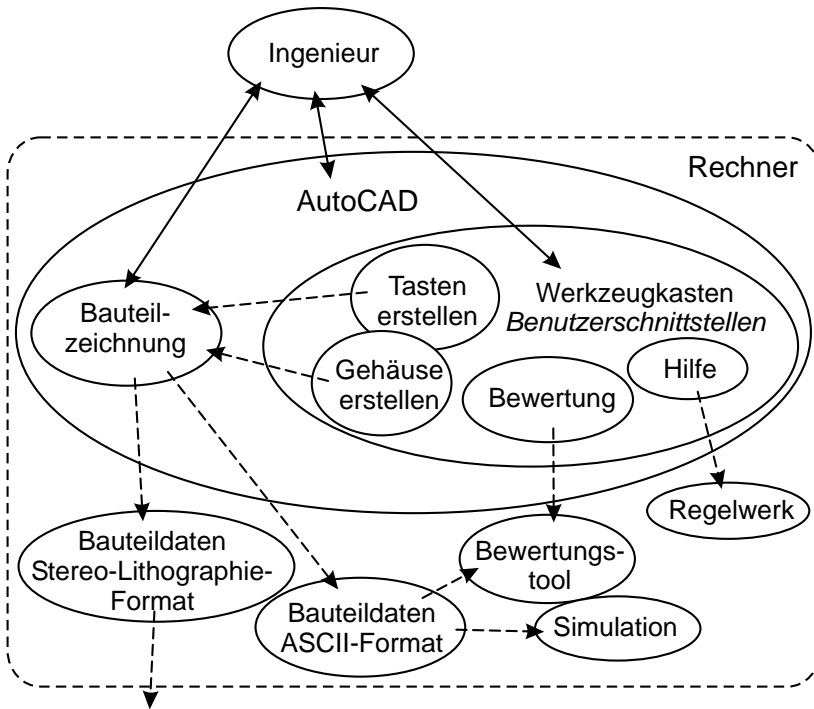


Abbildung 4.7: Der Werkzeugkasten *Benutzerschnittstellen*: der Anwender greift auf den Werkzeugkasten und seine Funktionen sowie auf die Bauteilzeichnung zu. Die gestrichelten Pfeile zeigen die automatisch ablaufenden Funktionen und Verknüpfungen.

Eigenschaften und Parameter (wie z.B. Überstand der Taste über der Gehäusioberfläche oder Auswahl aus konkaver, konvexer oder flacher Oberflächenform) für die Taste einzustellen (siehe Abbildung 4.8). Nach dem Festlegen aller Parameter wird die dreidimensionale Form der Taste berechnet und zusammen mit einem dem Tastenumriss entsprechenden Gehäuseausschnitt, der später in das Gehäuse integriert wird, erzeugt. Dementsprechend verfährt der Anwender bei allen Tasten seiner Benutzeroberfläche.

Erstellung von Tastenelementen

Element

Name:

Eigenschaften

Parameter

Tastenhöhe: mm

Überstand: mm

Tastenhub: mm

Oberflächenform

☐ konkav

☐ konvex

☒ flach

Radius: mm

Betätigungsstifte

Anzahl:

☐ Baukastenelement

Abbildung 4.8: Eingabefenster der Funktion *Tasten erstellen* mit den eingegebenen Parametern für die Taste „Stern“

Nachdem die dreidimensionalen Tasten erstellt sind, wird das Gehäuse durch Anklicken des Icons *Gehäuse erstellen* berechnet. Dazu muss der Anwender in einem Eingabefenster (Abbildung 4.9) zunächst Name und Gehäusehöhe angeben. Das Gehäuse wird als horizontal geteilter Hohlkörper mit den Ausschnitten für die zuvor erzeugten Tasten aus einem Umriss erstellt.

Die gewonnenen Daten der Funktionen *Tasten erstellen* und *Gehäuse erstellen* können zur Herstellung mit einem Stereo-Lithographie-Gerät im entsprechenden Format gespeichert oder über die Render-Funktion von AutoCAD für die Simulation exportiert werden.

In Abbildung 4.10 sind die drei wichtigsten Phasen der Entstehung des Prototypen aus Abbildungen 4.8 und 4.9 vom Umriss bis zum fertigen Modell dargestellt.



Abbildung 4.9: Eingabefenster der Funktion *Gehäuse erstellen* mit Gehäuseumriss und 3D-Tasten in Drahtkörperdarstellung

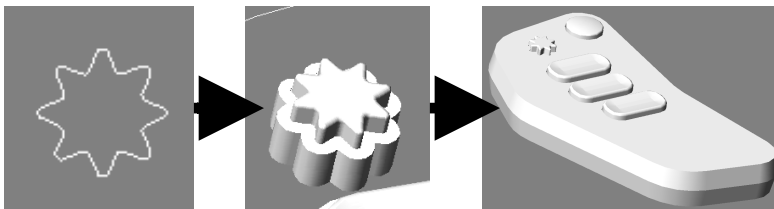


Abbildung 4.10: Entstehung einer Taste („Stern“) vom Umriss (links), über die dreidimensionale Taste (Mitte), bis zum vollständigen 3D-Modell des Gehäuses, in dem die Taste enthalten ist (rechts)

Das Bild in der Mitte zeigt die dreidimensionale Taste mit dem Gehäuseausschnitt in Form des Tastenumrisses, der in das Gehäuse eingefügt wird und im fertigen Modell als Führung für die Taste dient. Der Gesamtaufbau einer

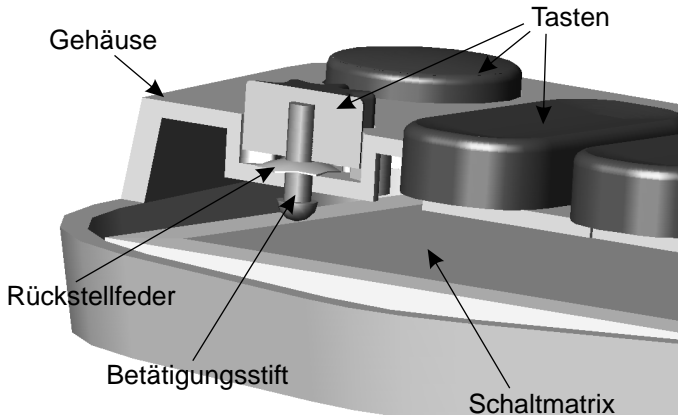


Abbildung 4.11: Teilschnitt durch das Gehäuse und die Taste „Stern“ mit den für die Funktion des Geräts notwendigen Komponenten (Rückstellfeder, Betätigungsstift und Schaltmatrix).

Taste mit Betätigungsstift, Rückstellfeder und Schaltmatrix (siehe Abschnitt 4.3.2.2) ist auch in Abbildung 4.11 als Teilschnitt gezeigt. Beim Betätigen der Tasten drückt der Betätigungsstift auf die Schaltmatrix. Die Betätigung wird von der Elektronik registriert und weiterverarbeitet. Die Funktionsweise der Elektronik ist in Abschnitt 4.3.2.2 beschrieben. Die Rückstellfeder (auch „Knackfrosch“ genannt) bestimmt mit ihrer Kennlinie (mit oder ohne „Schaltknacks“) maßgeblich den haptischen Eindruck bei der Betätigung. Eine detaillierte Beschreibung der Rückstellfedern ist in Anhang C zu finden.

Die Schaltfläche *Bewerten* im Werkzeugkasten *Benutzerschnittstellen* ruft über einen Hyperlink die Javascript-Funktion zum Bewerten von Benutzeroberflächen-Layouts auf, die auch von der Simulationsumgebung zur Bewertung genutzt wird (siehe Abschnitt 4.3.5). Zur Durchführung einer Bewertung genügen bereits die Tasten und Gehäuseumrisse, die am Anfang gezeichnet werden und als Grundlage für die 3D-Daten dienen. Den Tastenumrissen müssen noch Namen und Eigenschaften zugeordnet werden, was in dem in Abbildung 4.12 gezeigten Dialog stattfindet.

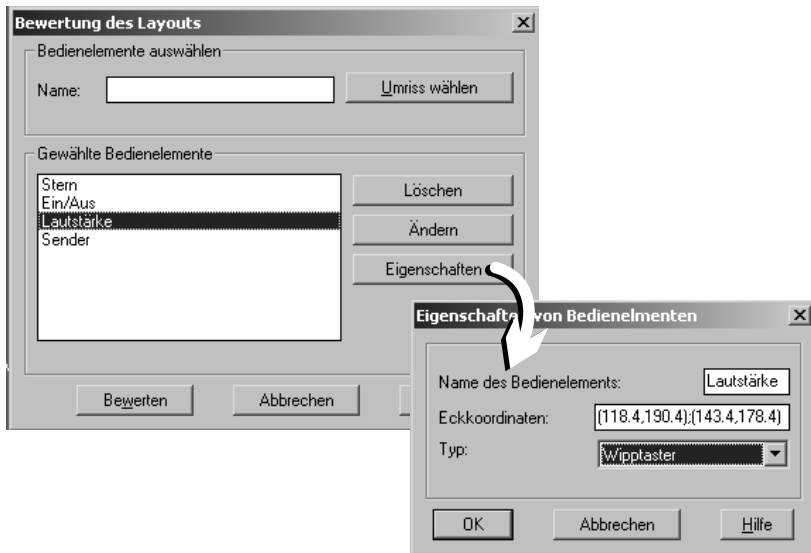


Abbildung 4.12: Dialog zum Festlegen von Namen und Eigenschaften (z.B. Typ: „Wipptaster“) der Tastenumrisse zur Durchführung einer Bewertung der Bedienoberfläche

Es ist sinnvoll, die Bewertung in dieser Phase des Aufbaus einer Benutzerschnittstelle durchzuführen, da sich zu diesem Zeitpunkt das Layout noch am einfachsten verändern lässt (durch Verschieben oder Änderung der Größe von Umrissen), am fertigen Gehäuse ist das nur noch mit großem Aufwand möglich.

Die vierte vom Benutzer wählbare Funktion ist die *DEws-Hilfe*, eine Online-Hilfe, die über einen Hyperlink auf die Datenbanken des Online-Konstruktionsregelwerks zugreift. Dadurch ist es möglich, das Regelwerk während des Arbeitens mit dem CAD-Programm als schnell verfügbares Nachschlagewerk zu nutzen.

Die Hilfe-Funktion ist als Stichwortsuche implementiert und wird durch Anklicken der Schaltfläche „DEws-Hilfe“ im Benutzerschnittstellen-Werkzeug-



Abbildung 4.13: Anzeigenfenster der Online-Hilfe, die aus AutoCAD mit einem Suchbegriff (hier: „Wipptaster“) aufgerufen wird. Alle Teile des Regelwerks, in denen der Suchbegriff enthalten ist, werden angezeigt.

kasten gestartet. Daraufhin erscheint ein Eingabefenster, in dem der Anwender den gesuchten Begriff eingibt. Die Anzeige der Suchergebnisse erfolgt in einem Internet-Browserfenster (Abbildung 4.13). Die Hilfe kann auch aus den Eingabefenstern des Benutzerschnittstellen-Werkzeugkastens gestartet werden.

4.3.2.2 Die Fernbedienungselektronik

Die Fernbedienungen, die mit Hilfe der Prototypenentwicklung erzeugt und als Modell in einem Rapid-Prototyping-Verfahren hergestellt werden, sollen voll funktionsfähig sein, um in Feldtests erprobt werden zu können.

Dazu musste eine frei belegbare (lernfähige) Fernbedienungselektronik zur Ansteuerung beliebiger Geräte mit einer universellen Schaltmatrix entwickelt

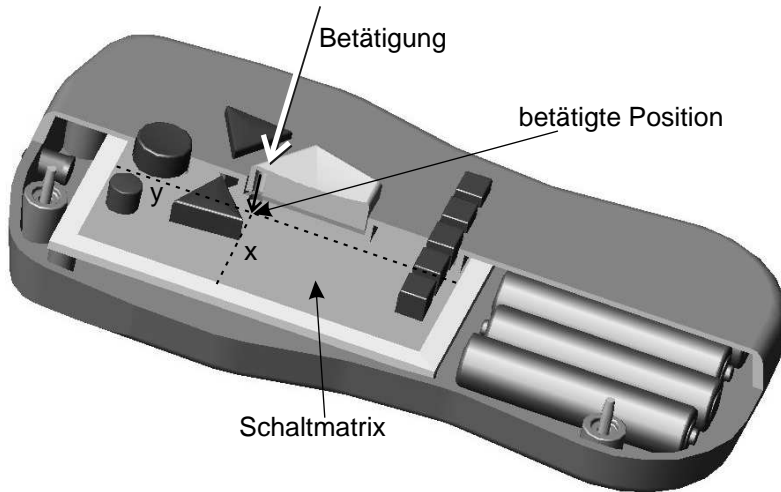


Abbildung 4.14: Teilschnitt durch eine in der Prototypenentwicklung erstellte Fernbedienung mit eingesetzter Elektronik und Schaltmatrix. Bei Betätigung einer Taste wird eine bestimmte Position auf der Schaltmatrix kontaktiert. Die Koordinaten dieser Position (x,y) werden registriert und weiterverarbeitet.

werden [60]. Die Elektronik sollte inklusive Stromversorgung in verschiedenen große Fernbedienungsgehäuse passen, wie in Abbildung 4.14 dargestellt. In der Abbildung ist auch ein Betätigungsvorgang gezeigt: Beim Betätigen einer Taste (weißer Pfeil) drückt ein Stift (schwarzer Pfeil), der in der Tasterkappe befestigt ist, auf einen bestimmten Punkt auf der Schaltmatrix, dessen Koordinaten (x,y) ausgelesen werden.

Die Schaltmatrix ist schematisch in Abbildung 4.15 dargestellt. Sie besteht aus zwei gekreuzt angeordneten Leiterbahnreihen. Die obere Lage ist auf einer flexiblen Folie aufgebracht, die bei Betätigung auf die untere Lage gedrückt wird und die Leiterbahnen an der eingedrückten Position verbindet. Die Elektronik registriert diese Verbindung und bestimmt anhand der Nummer der

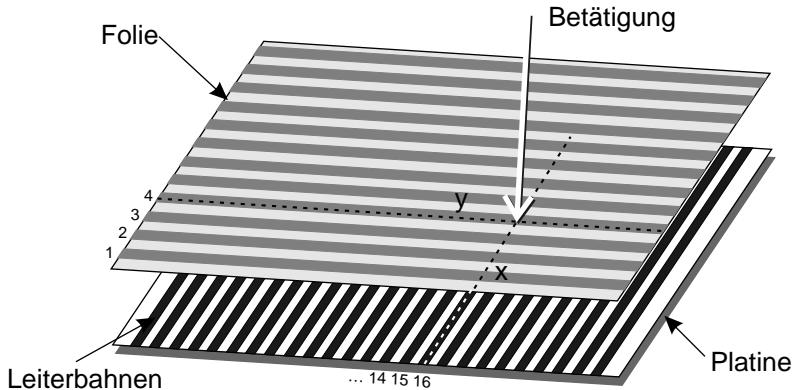


Abbildung 4.15: Schematische Darstellung der Schaltmatrix: Bei Betätigung werden die gekreuzten Leiterbahnen kontaktiert und anhand der Leiterbahnnummern die Koordinaten der Betätigung ermittelt (hier: $x = 16$; $y = 4$).

kontaktierten Leiterbahnen die Koordinaten der Betätigung.

Um die unterschiedlichsten Geräte ansteuern zu können, muss die Elektronik lernfähig sein. Dazu werden die Infrarot-Signale zur Ansteuerung der Geräte über einen Infrarot-Empfänger eingelesen, in einen Binär-Code (im Folgenden *IR-Daten* genannt) umgewandelt und zusammen mit den Koordinaten der zugeordneten Taste in einem *EEPROM*¹¹ gespeichert (siehe Abbildung 4.16).

Die Umwandlung der Infrarot-Daten und das Ermitteln der Koordinaten der Tasten wird von einem Mikrocontroller (μC) ausgeführt, an den ein für 30 Fernbedienungslayouts ausreichender Speicher angekoppelt ist. Die Speichersteuerung bietet auch die Möglichkeit, Tastenbelegungen zu ändern oder zu löschen, um den Prototyp an veränderte Anforderungen anzupassen.

Nachdem die Tastenbelegung der Fernbedienung zusammen mit den dazu

¹¹EEPROM: „Electronically Erasable Programmable Read Only Memory“ - Elektronisch beschreibbarer und löschbarer Festspeicher

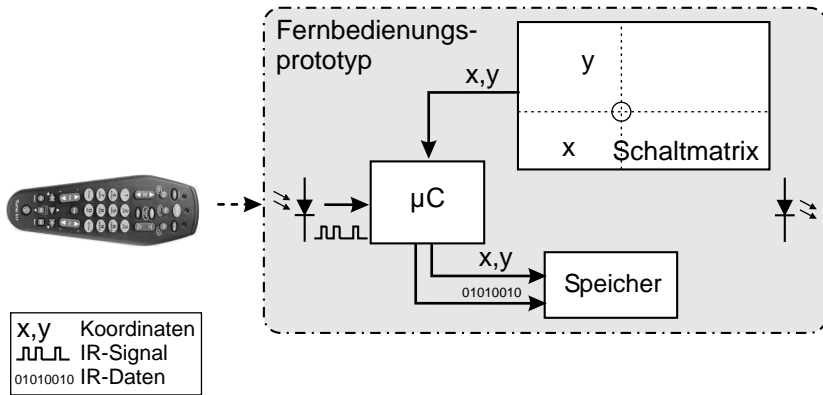


Abbildung 4.16: Speichern von Infrarot-Daten mit Bezugskoordinaten (x,y) im Fernbedienungsprototypen. Die IR-Daten werden im Mikrocontroller (μC) als Binär-Code aus dem IR-Signal errechnet.

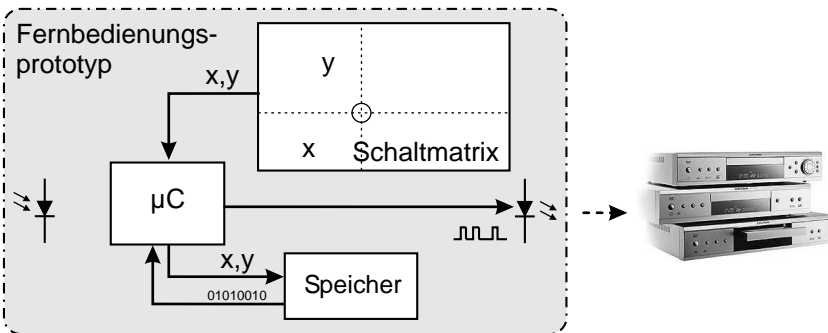


Abbildung 4.17: Ansteuern eines HiFi-Geräts mit den im Fernbedienungsprototypen gespeicherten Infrarot-Daten

gehörenden Infrarot-Daten gespeichert ist, kann der Fernbedienungsprototyp dem Endanwender zur Erprobung vorgelegt werden. Er lässt sich wie eine gewöhnliche Fernbedienung handhaben (Abbildung 4.17). Beim Betätigen einer

Taste auf der Fernbedienung werden deren Koordinaten auf der Schaltmatrix vom Mikrocontroller eingelesen und mit den gespeicherten Daten verglichen. Die zu den Koordinaten gehörenden Infrarot-Daten werden dem Speicher entnommen, in ein Infrarot-Signal umgewandelt und über eine IR-Sendediode an das zu steuernde Hifi-Gerät (z.B. Videorekorder) gesandt.

Die Fernbedienungselektronik ist so ausgelegt, dass die Schaltmatrix in ihrer Größe verändert werden kann (größte aktive Fläche: $64 \times 128 \text{ mm}^2$), ohne dass eine Umprogrammierung des Mikrocontrollers erfolgen muss.

Die Vorteile der universellen Fernbedienungselektronik und der frei belegbaren Schaltmatrix zeigen sich besonders beim Einsatz im „Baukasten“, der in Abschnitt 4.3.6 beschrieben wird.

4.3.3 Die Simulationsumgebung

In der Simulationsumgebung für Benutzerschnittstellen wird die vollständige Bedienung eines Geräts (z.B. Videorekorder, Mobiltelefon) auf dem Rechner simuliert.

Dazu wird die Benutzeroberfläche auf dem Bildschirm dargestellt und die Bedienstruktur implementiert. Die Bedienelemente können durch Anklicken mit der Maus oder über einen Touchscreen-Bildschirm, was eine realistischere Simulation erlaubt, betätigt werden. Die Betätigung löst - wie bei dem realen Gerät - entsprechende Gerätereaktionen aus, die auf dem Bildschirm (z.B. auf einem Display in der Benutzeroberfläche) angezeigt werden.

Die Simulationsumgebung dient dazu, neu entwickelte Bedienoberflächen und -konzepte schon in der Entstehungsphase erproben, um Fehler erkennen und verbessern zu können. Es können aber auch bereits bestehende Benutzerschnittstellen in die Simulationsumgebung eingebunden werden, um deren Benutzbarkeit einer Bewertung zu unterziehen. Durch die Simulation ist es möglich, die Benutzerschnittstelle in allen Funktionen und im Zusammenspiel zwischen Layout und Bedienung zu erproben und zu bewerten, ohne ein Funktionsmodell aufbauen zu müssen.

Eine Simulation kann auch eingesetzt werden, um einem eventuellen Auftraggeber durch eine Vorführung einen ersten Eindruck der vom ihm gewünsch-

ten Benutzerschnittstelle zu vermitteln oder um das Pflichtenheft anzupassen und zu konkretisieren.

Wird die Simulation den späteren Kunden zu ersten Benutzertests vorgelegt, können auf diese Weise die Kundenakzeptanz, aber auch Fehler oder Unstimmigkeiten in der Bedienung ermittelt werden. Aus der Durchführung verschiedener Aufgaben (z.B. Einstellen der Uhr) bzw. den Bedienungsfehlern, die dabei auftreten, lassen sich Rückschlüsse auf die Logik des Bedienkonzepts oder der Menüführung ziehen.

4.3.3.1 Aufbau und Struktur der Simulationsumgebung

Zu der kompletten Simulation einer Benutzerschnittstelle (Abbildung 4.18) gehören die Darstellung der Bedienoberfläche mit Eingabe- und Ausgabeelementen (Anzeigen und Bedienelemente) und die Simulation der Gerätefunktionen, also auch der Bedienstruktur und der Benutzerführung (z.B. Menüsteuerung). Die Testperson sieht nur - wie bei einem realen Gerät - die Bedienoberfläche und die Reaktionen auf seine Eingaben. Der Entwickler greift direkt auf die Bedienstruktur des virtuellen Geräts zu, um diese aufzubauen und zu verändern.

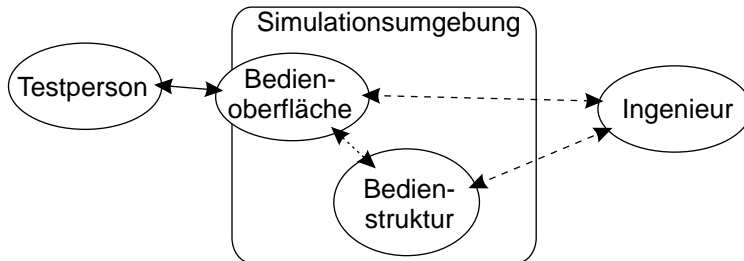


Abbildung 4.18: Der Entwickler oder Ingenieur programmiert Bedienoberfläche und -struktur, die Testperson, die die Benutzerschnittstelle erprobt, hat nur auf die Bedienoberfläche direkten Zugriff, die dahinterliegende Bedienstruktur wird über die Bedienoberfläche angesteuert.

Die Software bzw. Programmiersprache, unter der die Simulationsumgebung erstellt werden sollte, muss den gleichen Anforderungen genügen wie die Software, die zur Erstellung des Online-Konstruktionsregelwerks verwendet wurde (siehe Seite 46). Besonderer Wert wurde auf die Flexibilität in der Gestaltung und Programmierung von Gerätefunktionen sowie die Kompatibilität zu den übrigen Komponenten des DEws gelegt.

Microsoft Powerpoint eignet sich gut für flexible Gestaltung von Benutzeroberflächen, bietet aber nur eingeschränkte Möglichkeiten zur Implementierung und Steuerung von Funktionen und weist ansonsten die gleichen Nachteile wie *MS Access* auf, das bereits in der Auswahl der Software für die Regeldatenbank als ungeeignet eingestuft wurde.

Eine weitere Software, die auf ihre Eignung für die Erstellung der Simulationsumgebung überprüft wurde, war *LabVIEW 6i* von *National Instruments*. LabVIEW ist eine Entwicklungsumgebung, die auf grafischer Programmierung basiert und zur Messdatenerfassung, -verarbeitung und -darstellung über AD/DA-Karten gedacht ist. Sie ermöglicht den schnellen grafisch unterstützten Aufbau bzw. die Veränderung von Benutzerschnittstellen und deren Funktio-

Tabelle 4.4: Software-Auswahl für die Simulationsumgebung: das HTML-Format ist in Verbindung mit einer Javascript-Steuerung und VisualBasic für Dateioperationen am Besten geeignet.

Kriterium	MS Powerpoint	NI LabView 6i	HTML, JS und VB
Internetfähigkeit	-	-	+
Erweiterbarkeit	+	+	+
Flexibilität	+	0	+
Gestaltungsfreiheit	+	-	+
Benutzerfreundlichkeit	+	0	+
Datenbankstruktur	-	-	+
Betriebssystemunabhängigkeit	-	-	+
Kompatibilität zum DEws	-	-	+
Steuerung externer Geräte	0	+	0

nen und erlaubt das Anlegen benutzerdefinierter Bibliotheken. Allerdings erwies sich die Fähigkeit, Menüsteuerungen und selbstgestaltete Bedienelemente einzubinden, ebenso wie die Kompatibilität über Hyperlinks, als unzureichend.

Die Simulationsumgebung wurde daher, um Kompatibilitätsprobleme zu vermeiden und die nötige Flexibilität zu bieten, genau wie das Online-Konstruktionsregelwerk unter HTML als Schnittstelle zum Ingenieur bzw. Entwickler, Javascript zur Steuerung und Erstellung der HTML-Ausgabe sowie zum Aufbau der Funktionen und Zugriffe auf die Datenbanken programmiert. VisualBasic wurde wieder für Speicher- und Dateioperationen eingesetzt.

Dies hat auch den Vorteil, dass der Entwickler, der mit dem DEws arbeitet, kein weiteres Programm mehr außer AutoCAD und einem Internet-Browser (*Microsoft Internet-Explorer*) benötigt.

Um der Testperson einen möglichst realistischen Eindruck der zu simulierenden Benutzerschnittstelle zu geben, wird die Bedienoberfläche als Bild eingebunden (*gif*-, *jpg*- oder *bmp*-Format). Dadurch ist es möglich, beliebige Darstellungen - von einer einfachen mittels Scanner eingelesenen Handskizze über eine Digitalfotografie einer realen Benutzeroberfläche bis zu aus AutoCAD exportierten 3D-Darstellungen - zur Simulation zu nutzen.

Die Bildbereiche mit Bedienelementen bzw. Anzeigen auf der Benutzeroberfläche können vom Benutzer betätigt bzw. für Anzeigefunktionen genutzt werden. Dazu wird die aktuelle Position des Mauszeigers oder - beim Touchscreen - des Fingers beim Anklicken, also beim Betätigen eines virtuellen Bedienelements, ermittelt und durch Vergleich mit gespeicherten Daten festgestellt, ob ein bzw. welches Bedienelement betätigt wurde und welche Gerätefunktionen und Ausgaben (Gerätreaktionen) damit verbunden sind (siehe Abbildung 4.19).

Der dafür notwendige schnelle Zugriff wird dadurch gewährleistet, dass alle für die Simulation benötigten Daten in einer Datenbank gespeichert sind. Die Datenbank bildet das Kernstück der Simulation. In Abbildung 4.20 ist die Struktur der Simulationsumgebung mit den Zugriffen auf die Datenbank innerhalb der Simulationsumgebung, aber auch durch das Bewertungstool und den Datenimport aus der Prototypenentwicklung in stark vereinfachter Form wiedergegeben.

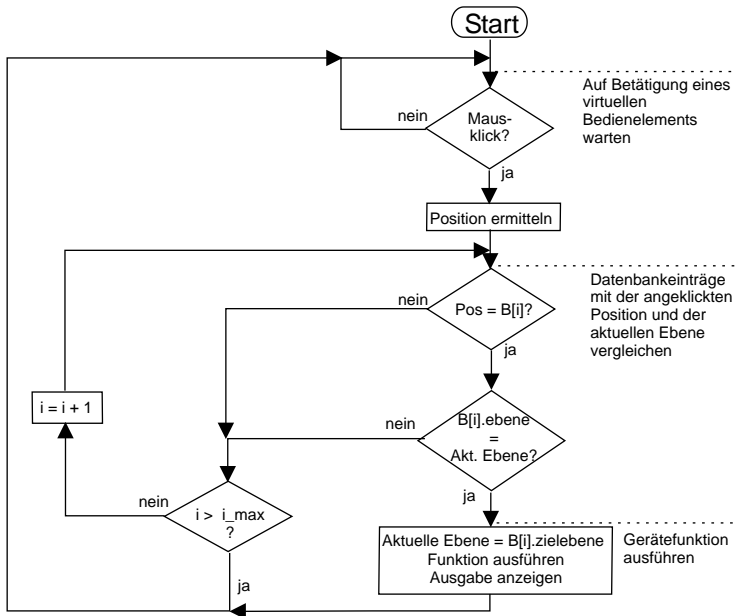


Abbildung 4.19: Flussdiagramm der Steuerung einer Simulation. $B[i]$ ist das i -te Element in der Liste der gespeicherten Daten. Der im Flussdiagramm verwendete Begriff *Ebene* wird auf Seite 68 erklärt. Weitere Diagramme befinden sich in Anhang D.2.

Während der Entwickler eine Benutzerschnittstelle einrichtet, in dem er die Bedienelemente festlegt und die Gerätefunktionen einprogrammiert, wird vom System automatisch eine neue Datenbank mit den Daten der aktuellen Simulation angelegt und unter dem Namen der Simulation abgespeichert.

Der erste Eintrag in dieser Datenbank enthält allgemeine Informationen, wie den Namen der Simulation, den Dateinamen und den Suchpfad der Bilddatei mit der Darstellung der Benutzeroberfläche sowie deren Größe. In den weiteren Einträgen sind die Koordinaten der aktiven Bildbereiche (Bedienelemente und Anzeigen) zusammen mit dem Namen des betreffenden Elements gespeichert. Bei Bedienelementen wird auch die Funktion, der Anzeigentext

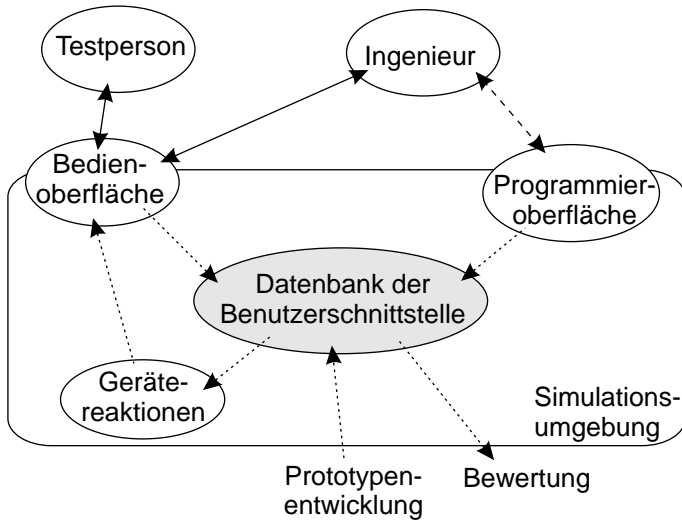


Abbildung 4.20: Simulationsumgebung mit Schnittstellen zur Testperson, zum Ingenieur und zu den anderen Komponenten des DEws; durchgezogene Linien: für Testperson verständlich, gestrichelte Linien: für Ingenieur verständlich (Programmierung der Bedienstruktur), fein gestrichelte Linien: nur mit Javascript-Kenntnissen verständlich (interne Steuerung - für den Ingenieur und die Testperson nicht relevant)

oder die Pfadangabe zu einer Bilddatei in die Datenbank eingetragen. Weitere Daten sind die so genannte *Startebene*, auf der das Bedienelement mit der gespeicherten Funktion belegt ist, und die *Zielebene*, auf die nach Betätigung der Taste und Ausführung der Funktion gewechselt werden soll.

Bei besagten *Ebenen* handelt es sich um unterschiedliche Menüebenen oder auch Betriebszustände des virtuellen Geräts. Sie dienen als Bezug, wenn verschiedene Tasten auf die gleiche Funktion zugreifen, und um Tasten in verschiedenen Betriebszuständen mit verschiedenen Funktionen belegen zu können. So kann beispielsweise die Taste *Vorlauf* zum Starten des Vorlaufs mit Bild (Zeitraffer) bei einer Videorekordersteuerung (auf Ebene „Play“ mit Zielebene

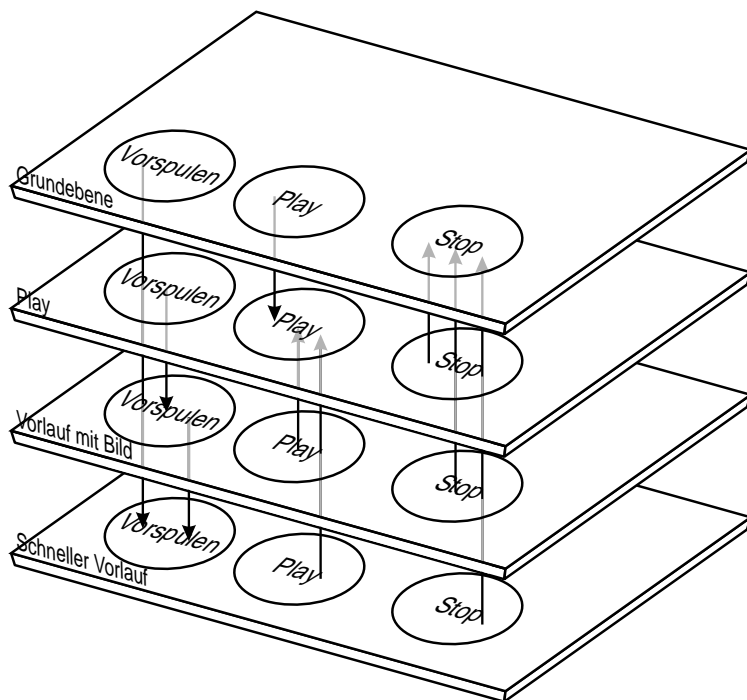


Abbildung 4.21: Ebenensprünge anhand eines Ausschnitts aus der Steuerung eines Videorekorders: über die Taste *Vorlauf* werden die verschiedenen Vorlaufgeschwindigkeiten gesteuert. Taste *Play* hat bei Betätigung in verschiedenen Ebenen immer das gleiche Ziel (Ebene „Play“). Ebenso führt die Betätigung der Taste *Stop* immer auf die „Grundebene“ zurück.

„Vorlauf mit Bild“) und zum Umschalten auf schnellen Vorlauf (auf Ebene „Vorlauf mit Bild“ mit Zielebene „Schneller Vorlauf“) benutzt werden. Dieses Beispiel ist in Abbildung 4.21 dargestellt. Die Pfeile zeigen die Richtung und Weite der Ebenensprünge. Die Tasten sind in jeder Ebene anders belegt oder haben keine Funktion (z.B. *Stop* in der „Grundebene“ oder *Play* in Ebene „Play“).

Zum Aufbau einer Bedienstruktur für eine Simulation kann der Entwicklungingenieur Gerätefunktionen frei programmieren, diese beliebig kombinieren und mit Text-, Bild- oder Tonausgaben koppeln.

Es stehen ihm aber auch eine Reihe vorprogrammierter Funktionen zur Auswahl, in denen bestimmte immer wieder benötigte Funktionsabläufe zusammengefasst sind. So ist z.B. in der Funktion *Gerät Ein* der Ebenensprung von „Aus“ auf die „Grundebene“ bereits enthalten. Entsprechendes gilt für die Funktion *Gerät Aus*. Außerdem sind verschiedene Standardmenüfunktionen vorprogrammiert (*Menü Ein/Aus*, *Voriger/Nächster Menüeintrag*, *Vorige/Nächste Menüebene*). Des Weiteren kann der Entwickler auf eine einstellbare Zeitverzögerung und auf Speicherfunktion zugreifen.

4.3.3.2 Erstellung einer Simulation

Im Folgenden ist die Vorgehensweise beschrieben, mit der neue Simulationen von Benutzerschnittstellen eingerichtet und erprobt werden. Der Benutzer gelangt beim Starten der Simulationsumgebung aus dem Hauptfenster des DEws zuerst zu einer Seite, auf der die Benutzung und Vorgehensweise beim Umgang mit der Simulationsumgebung erläutert wird. Von dort kann dann die eigentliche Simulationsumgebung gestartet werden.

Zunächst muss der Entwickler ein Bild für die Bedienoberfläche der Benutzerschnittstelle auswählen, das beispielsweise unter AutoCAD mit Hilfe der Prototypenentwicklung erstellt und als Grafik-Datei exportiert wurde.

Die Bedienoberfläche wird auf dem Bildschirm dargestellt und kann noch in der Größe der Abbildung verändert werden. Eine korrekte Bewertung von Abstand und Abmessungen der Bedienelemente ist nur gewährleistet, wenn die Bedienoberfläche in Originalgröße auf dem Bildschirm angezeigt wird. Auch für einen realistischen Eindruck der Bedienung beim Einsatz eines Touchscreen-Displays ist es nötig, die Bedienoberfläche in Originalgröße darzustellen.

Anzeigebereiche und Bedienelemente legt der Entwickler durch Anklicken der entsprechenden Bildbereiche fest und versieht sie mit einem Namen und Angaben zum Elementtyp (Drucktaster, Wipptaster ...). Die entsprechende Eingabemaske ist in Abbildung 4.22 dargestellt.

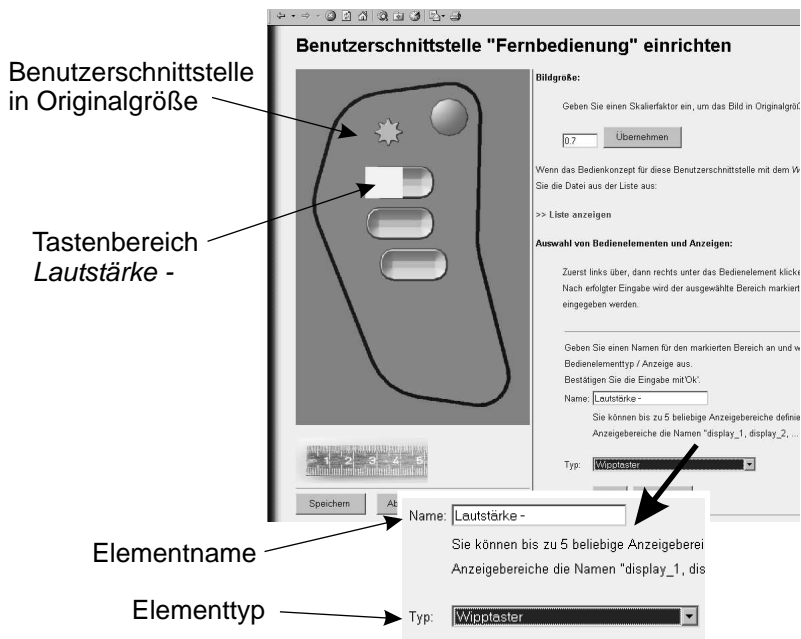


Abbildung 4.22: Einrichten der Bedienoberfläche durch Anklicken von Bedienelementbereichen und Festlegen von Namen und Typ am Beispiel der Wipptastenhälfte „Lautstärke -“. Bei Wipptastern werden die beiden Wippen getrennt definiert, um die Wippfunktion zu gewährleisten. Das hellgraue Viereck auf dem Wipptaster zeigt den Bereich, in dem der Taster später betätigt werden kann.

Sind alle Anzeigen und Bedienelemente definiert, kann eine erste Bewertung des Layouts der Bedienoberfläche durchgeführt werden. Eventuelle Mängel und Fehler werden angezeigt und können noch behoben werden.

Wird eine zuvor unter AutoCAD mit der Prototypenumgebung erzeugte Bedienoberfläche eingebunden, dann lassen sich die Layout-Daten der Ober-

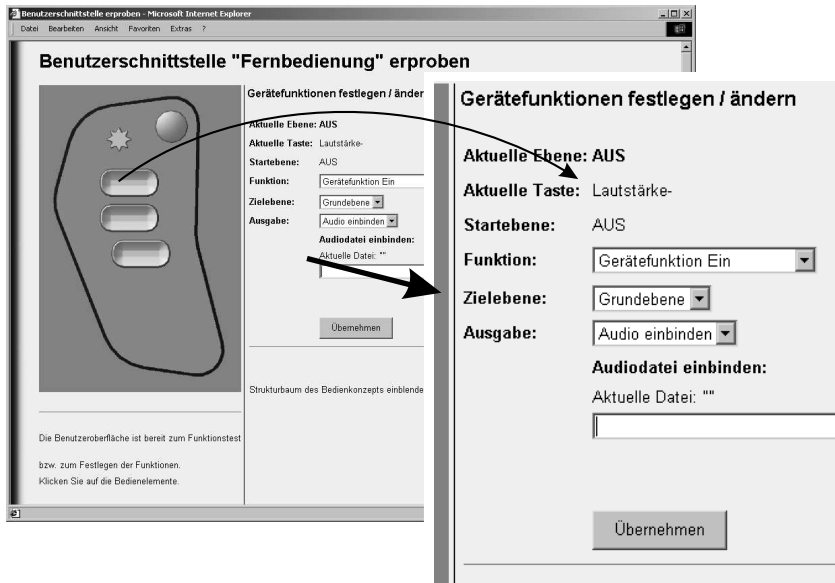


Abbildung 4.23: Festlegen von Funktionen und Erproben der Bedienung: die Eingabemaske (in der Vergrößerung) wurde durch Betätigen des Bereichs für Wipptaster „Lautstärke-“ aktiviert. Hier lassen sich die Funktionen festlegen oder ändern.

fläche aus AutoCAD importieren und automatisch einbinden (siehe Abschnitt 4.3.2.1). Nach dem Speichern der Daten in der Datenbank der Benutzerschnittstelle kann der Anwender den Bedienelementen Funktionen und den Anzeigebereichen entsprechende Ausgaben zuordnen (Abbildung 4.23). Das Bedienelement, das mit einer Funktion versehen werden soll, wird durch Anklicken auf dem Bild (Betätigen der virtuellen Taste) mit der Maus oder über Touchscreen ausgewählt.

Der Entwickler legt nun über die Programmierschnittstelle die bei Betätigung der virtuellen Taste auszuführende Funktion und die Ausgabe auf der Anzeige fest. Außerdem muss er noch die Zielebene angeben, auf die bei Aus-

führung der Funktion gewechselt werden soll. Die Festlegung gilt nur für die aktuelle Ebene, auf den anderen Ebenen kann der Entwickler die virtuelle Taste mit anderen Funktionen versehen.

Die programmierte Funktion und Displayausgabe sowie der Sprung zur Zielebene werden beim Anklicken der Schaltfläche „Übernehmen“ in der Programmiermaske erstmals ausgeführt. Die Zielebene wird zur aktuellen Ebene, in der die Bedienelemente wiederum mit Funktionen (z.B. mit Rücksprung zur vorigen Ebene) versehen werden.

Auf diese Weise - also durch Programmierung am „laufenden Gerät“ - wird eine Bedienstruktur erzeugt, deren Fehler und Unvollständigkeiten bereits während dem Programmiervorgang durch den Entwickler selbst erkannt und modifiziert werden können. Die Änderung einer Bedienelementbelegung erfolgt durch Überschreiben des bestehenden Eintrags.

Die erstellte Bedienstruktur lässt sich in Form eines Strukturbaums darstellen (Abbildung 4.24). An den verschiedenen Ästen sind die Ebenen eingetragen, die Äste selbst zeigen die Verknüpfungen zwischen den Ebenen über die Bedienelementfunktionen.

Nach Fertigstellung der Benutzerschnittstelle kann die Bedienstruktur mit Hilfe des Strukturbaums automatisch bewertet werden.

Eine fertige Benutzerschnittstellensimulation wird für Benutzertests oder zu Präsentationszwecken beim Kunden bzw. im Internet exportiert. Diese exportierte Simulation ist mit allen eingerichteten Funktionen und Ausgaben selbständig im Internet-Browser lauffähig, d.h. das DEws muss zum Arbeiten mit einer exportierten Simulation nicht auf dem Rechner installiert sein. Eine exportierte Simulation kann nicht mehr vom Benutzer verändert werden.

Die Simulationen lassen sich auch auf einen *PDA*¹² mit dem Betriebssystem *Windows CE*¹³ überspielen, da diese mit einem HTML-fähigen Internet-Browser und mit einem kleinen Farb-Touchscreen-Bildschirm ausgestattet sind

¹²PDA: Personal Digital Assistant - Kleincomputer im Taschenformat, ursprünglich hauptsächlich zur Terminverwaltung eingesetzt besitzen sie heute schon einen Funktionsumfang wie richtige Computer.

¹³Windows CE: Windows Compact Edition - Betriebssystem, das speziell auf *PDAs* zugeschnitten ist.

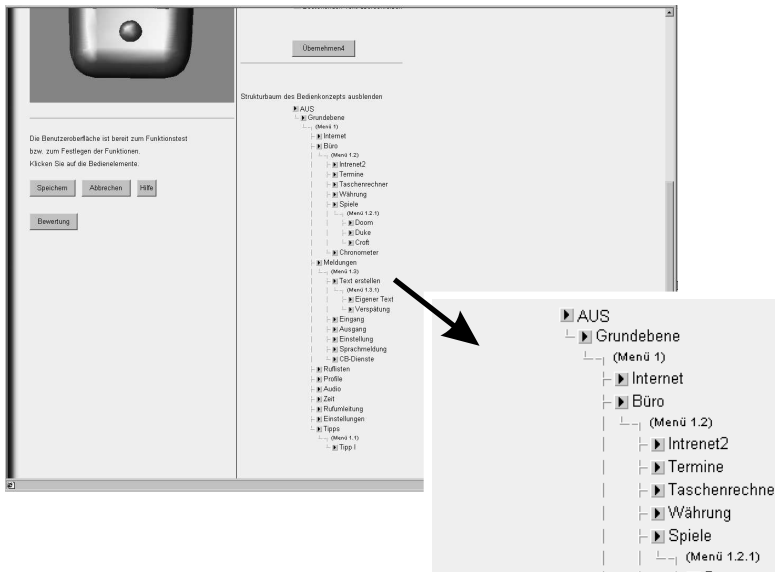


Abbildung 4.24: Strukturbaum einer Menüführung, die in der Simulationsumgebung erzeugt wurde, am Beispiel eines Mobiltelefons

und selbst etwa die Größe einer Fernbedienung besitzen. Über einen Adapter oder die integrierte Infrarot-Schnittstelle können sie sogar Fernbedienungsfunktionen zur Steuerung von Geräten der Unterhaltungselektronik ausführen. Dadurch ist eine realistischere Simulation einer Fernbedienung möglich, der nur die haptische Komponente fehlt.

4.3.4 Der *Benutzerschnittstellen-Wizard*

Für den im *Benutzerfreundlichen Design* weniger erfahrenen Entwickler wurde das Tool *Benutzerschnittstellen-Wizard*¹⁴ erstellt, das ihn schrittweise und

¹⁴Wizard: [engl. Zauberer] - weitverbreitete Bezeichnung für Assistenzprogramme mit einer Benutzerführung, die für unerfahrene Anwender ausgelegt ist.

systematisch von der Liste der Anforderungen an die Benutzerschnittstelle bis zum fertigen Bedienkonzept geleitet.

Trotz aller Automatisierung und der Schritt-für-Schritt-Vorgehensweise bleibt dem Entwickler immer die Möglichkeit, die Empfehlungen des Systems nach seinen Wünschen zu verändern und anzupassen.

Der *Wizard* hilft dem Entwickler bei der Erstellung eines Bedienkonzepts und macht Empfehlungen für die Gestaltung des Geräts (Anordnung und Art von Bedienelementen auf verschiedenen Benutzeroberflächen, Aufbau von Menüstrukturen). Dadurch wird der Entwickler bzw. Designer nicht in seiner Freiheit der Feingestaltung der Benutzeroberfläche eingeschränkt.

In Kapitel 5 wird der *Benutzerschnittstellen-Wizard* anhand eines Anwendungsbeispiels beschrieben, um seinen Aufbau und die systematische Vorgehensweise zu verdeutlichen.

4.3.5 Das Bewertungstool

Wie bereits in den vorigen Kapiteln erwähnt, besitzt das *Darmstädter Entwicklungssystem* ein integriertes *Bewertungstool*, das zum einen Benutzerschnittstellen hinsichtlich ihres Layouts, also der Anordnung, Form und Abmessungen von Bedienelementen und Anzeigen, untersucht. Zum anderen werden mit Hilfe des Bewertungstools Benutzertests in der Simulationsumgebung erstellt, durchgeführt und ausgewertet.

Das System macht den Entwickler der getesteten Benutzerschnittstelle auf Fehler in seinem Konzept aufmerksam und bietet durch Hyperlinks zum Konstruktionskatalog Hilfestellung für Verbesserungen.

Die Ergebnisse von Benutzertests, Fragebogen und automatischer Bewertung werden mit den Daten in der Wissensdatenbank verglichen, um die Inhalte der Wissensdatenbank zu überprüfen und gegebenenfalls zu modifizieren.

In den folgenden Abschnitten werden die beiden Bewertungsverfahren, die *automatische* und die *manuelle Bewertung*, näher erläutert und das Konzept des *virtuellen Benutzers* vorgestellt. Zuerst wird aber gezeigt, welche Verfahren der Bewertung von Mensch-Maschine-Systemen in der Arbeitswissenschaft eingesetzt werden und welches dieser Verfahren im DEws zum Einsatz kommt.

4.3.5.1 Bewertungsverfahren in der Arbeitswissenschaft

Im fünften Band des *Handbuchs der Ergonomie* [72] sind die Verfahren und die Vorgehensweise zur Systembewertung in der Ergonomie beschrieben. Die *ergonomische Systembewertung* oder *-analyse* dient dazu zu ermitteln, ob ein zu prüfendes System die Ziele wie Systemwirksamkeit, -brauchbarkeit oder auch Benutzbarkeit erreicht.

Da sich die Arbeitswissenschaft hauptsächlich mit der Gestaltung von Arbeitsplätzen bzw. -umgebungen beschäftigt, sind die Systembetrachtungen wesentlich umfangreicher und weitreichender, als in diesem Projekt nötig wäre (z.B. körperliche Beanspruchung, Arbeitssicherheit). Die ergonomische Bewertung von Systemen ist nicht mit der technischen Systembewertung gleichzusetzen, da bei dieser die Maschine und nicht der Mensch im Mittelpunkt steht. Aber genau wie die technische, basiert die ergonomische Systembewertung auf der Erfüllung von Normen, Richtlinien und Richtwerten.

Zur Durchführung einer ergonomischen Systemanalyse müssen zunächst die Ziele der Analyse definiert werden, aus denen sich dann die Bewertungskriterien ableiten. Dazu wird ein Durchführungsplan erstellt, der die folgenden Bestandteile enthält:

- **Bewertungsobjekt:** liegt als abstraktes Konzept z.B. in Form von Zeichnungen, als Prototyp oder auch dem Rechner als Simulation in VR (virtuelle Realität) vor. Je nach Erscheinungsform ergeben sich unterschiedliche Bewertungsmöglichkeiten.
- **Bewertungsziel:** wird aus dem Zweck des Systems abgeleitet. Ziele sind z.B. die Erfüllung von Richtlinien oder das Feststellen von fehlerhaften Reaktionen.
- **Bewertungsmerkmale:** Sollwerte wie Größe, Abmessungen oder Kräfte, aber auch Kapazität der Informationsverarbeitung oder kognitive Beanspruchung.
- **Bewertungskriterien:** werden aus den Merkmalen abgeleitet. Von den Bewertungskriterien sind hier besonders die Zumutbarkeit und die Benutzerfreundlichkeit von Bedeutung.

- **Bewertungsmethoden:** z.B. Checklisten für ergonomische Kennwerte (Bewertungsmerkmale), Simulation oder Feldtests.

Des weiteren sind noch der Bewertungszeitpunkt, die Bewertungspersonen und die für die Bewertung notwendige technische Ausstattung zu beachten.

Die *Bewertungsmerkmale auf Basis von Zweck / Ziel der Prozesse*¹⁵ zur Analyse von Benutzertests erscheinen für die Bewertung in diesem Projekt am geeignetsten, da ihnen eine Orientierung nach Zeit, Güte und Menge zugrunde liegt, während andere Merkmale z.B. den Grad der Mechanisierung / Automatisierung berücksichtigen.

- **Zeit:** Zeitbezogene Merkmale sind die Reaktionszeit und die Bearbeitungszeit.
- **Güte:** Art und Quote der aufgetretenen Fehler sowie die Sollwertabweichung bei Benutzertests.
- **Menge:** Anzahl der bearbeiteten Aufgaben oder erreichten Ziele, der erkannten Fehler und (hier weniger relevant) Anzahl der erzeugten Güter.

Von besonderer Bedeutung sind die Methoden zur Systembewertung, da diese auch in dem vorliegenden Projekt zu Einsatz kommen.

- **Checklisten:** (analytische Methode) dienen zum Vergleich von Soll- und Istwerten. Sie werden hauptsächlich für statische Objekte verwandt (z.B. Arbeitsplatzgestaltung).
- **Feldstudien:** (empirische Methode) werden durchgeführt, wenn keine Sollwerte zum Aufbau einer Checkliste vorhanden sind. Aufgezeichnet werden Leistungswerte (Zeit, Fehler, Zuverlässigkeit) und physiologische Werte (Puls, Blutdruck). Sie verursachen hohe Kosten bzw. Aufwand für Modelle, Räumlichkeiten und Beobachtungspersonal.

Die Komplexität einer ergonomischen Systembewertung ist stark von der Komplexität des zu analysierenden Systems oder Objekts abhängig. Für dieses

¹⁵siehe [72], D-2.1.2

Projekt wurde eine vereinfachte und an die Gegebenheiten angepasste Systembewertung entwickelt, die auf der Grundlage der ergonomischen Systembewertung aufbaut, aber von anderen Voraussetzungen ausgeht, da hier in der Regel Geräte bewertet werden, die nicht am Arbeitsplatz, sondern im privaten Bereich zur Anwendung kommen.

4.3.5.2 Bewertungsverfahren im DEws

Die Analyse- und Bewertungsverfahren, die im DEws zum Einsatz kommen, sind in automatische und manuelle Bewertung unterschieden, je nachdem, ob das System die Bewertung selbsttätig oder nur mit Hilfe des Entwicklers oder einer Testperson durchführen kann.

Automatische Bewertung im DEws Die automatische Bewertung arbeitet nach der im vorigen Abschnitt erwähnten *Checklisten-Methode*. Ihr können alle Parameter (Merkmale) unterzogen werden, die numerisch erfassbar sind, wie Raum, Zeit und Anzahl.

- **Räumliche Parameter:** Layout der Benutzeroberfläche, also die Abmessungen von Bedienelementen und Anzeigen sowie deren Abstände untereinander, außerdem z.B. Schriftgrößen in Menüs.
- **Zeitliche Parameter:** Reaktions- und Bearbeitungszeiten in Benutzertests und die Zeit, die der Benutzer zum Überlegen oder Lesen von Anweisungen benötigt.
- **Sonstige Parameter:** dazu zählen die Eigenschaften der Bedienstruktur, die zahlenmäßig erfassbar sind aber nicht den räumlichen oder den zeitlichen Parametern zugeordnet werden können. Beispiele dafür sind:
 - die Mehrfachbelegung von Bedienelementen
 - die Tiefe und die Breite von Menüstrukturen
 - die Anzahl der Fehlbedienungen in Benutzertests, dazu gehört das Verfehlen von Tasten bei der Betätigung und das Betätigen falscher Tasten

Die Parameter, die in der Datenbank der untersuchten Benutzerschnittstelle gespeichert sind, werden in einer Bewertung mit den entsprechenden Einträgen in der *Bauteilparameter-Datenbank* des Online-Regelwerks verglichen.

Auch die Benutzertests lassen sich teilweise automatisch auswerten, da die Sollvorgaben für Reihenfolge der Betätigung der Bedienelemente und Dauer zwischen zwei Betätigungen zusammen mit der Aufgabenstellung in der Datenbank des Benutzertests gespeichert sind (siehe Abschnitt 4.3.5.3).

Besonders aus dem Vergleich der Daten untereinander, also die Einträge der *Bauteilparameter-Datenbank* und die Benutzertests, können wichtige Erkenntnisse gewonnen werden. Ist beispielsweise die Zahl der verfehlten Tasten bei Benutzertests auffallend hoch, dann sind diese Tasten offensichtlich zu klein. Ergab aber die Überprüfung der Abmessungen keine Unterschreitung des Minimalwerts, dann muss der entsprechende Eintrag in der *Bauteilparameter-Datenbank* überprüft und angepasst werden.

Allerdings sind diese Erkenntnisse nur bedingt verwendbar, wenn sie aus der Simulation gewonnen wurden, da nicht feststellbar ist, ob die Testperson mit dem Touchscreen oder mit der Maus gearbeitet hat. Die Bearbeitung mit der Maus erlaubt keine exakte Aussage über die benötigte Größe der Bedienelemente, da der Mauszeiger wesentlich kleiner als die Fingerspitze der Testperson ist. Außerdem sind die Bearbeitungszeit und die Präzision der Betätigung stark abhängig davon, ob der Tester im Umgang mit der Maus geübt ist. Erkenntnisse zu Bedien- oder Menüstrukturen (z.B. Tiefe und Breite) sind dagegen von der Art der Bedienung unabhängig und damit wesentlich aussagekräftiger.

Die Zeiten zwischen zwei Tastenbetätigungen sind ein Maß für die Anordnung der Bedienelemente untereinander und in Bezug zur Anzeige, denn aus der benötigten Zeit erkennt man, ob der Proband überlegen musste, welche Taste er als nächste betätigen muss oder ob der „Weg“ zwischen zwei nacheinander zu betätigenden Tasten zu groß ist bzw. ob ihre Anordnung unlogisch ist (siehe auch *Fitt'sches Gesetz* [11]; Glossar, Seite 123).

Die automatische Bewertung der verschiedenen Parameter der Mensch-Geräte-Schnittstelle erfolgt in unterschiedlichen Phasen der Fertigstellung der Schnittstelle. So ist, wie bereits in Abschnitt 4.3.2.1 auf Seite 57 beschrieben,

eine Bewertung des Layouts der Bedienoberfläche schon in der Prototypenentwicklungsumgebung möglich, selbst wenn nur die Umrisse der Bedienelemente gezeichnet sind. In diesem Stadium sind Modifikationen noch ohne Aufwand möglich, wodurch die Wahrscheinlichkeit größer ist, dass der Entwickler die nötigen Änderungen auch durchführt und die Bewertung nicht wegen zu großem Änderungsaufwand ignoriert.

Die Layoutbewertung ist auch beim Einrichten einer Benutzerschnittstelle in der Simulationsumgebung (siehe Seite 71) möglich, allerdings ist eine Änderung der Oberfläche in dieser Projektphase schwieriger. Die Bewertung in der Simulationsumgebung kann eingesetzt werden, um bereits vorhandene Benutzerschnittstellen (Abbildung 4.25 links) zur Durchführung einer Marktanalyse zu prüfen. Es lassen sich aber auch schnell von Hand skizzierte (Abbildung 4.25 rechts) und eingeleseene Benutzerschnittstellen einer Überprüfung unterziehen.

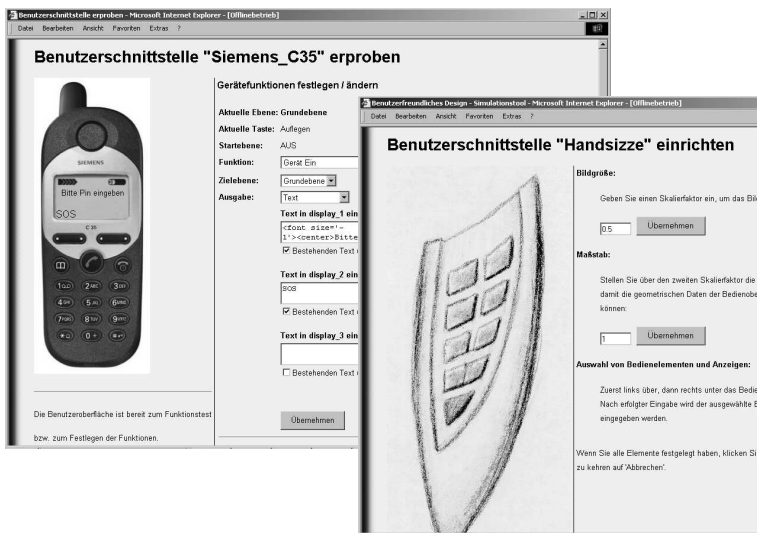


Abbildung 4.25: Siemens C35 Mobiltelefon und die Handskizze einer Benutzerschnittstelle in der Simulationsumgebung

Manuelle Bewertung im DEws Es gibt einige Eigenschaften einer Benutzerschnittstelle, die nicht oder nur schwer automatisch zu bewerten sind, da sie nicht vom Programm erfasst werden können, in der Simulation nicht enthalten sind oder auch dem subjektiven Empfinden des Benutzers unterliegen.

Die Simulation ist eine zweidimensionale Darstellung der Mensch-Geräte-Schnittstelle. Sie enthält keine Daten über die dritte Dimension, wie der Überstand der Bedienelemente über der Gehäuseoberfläche, der Tastenhub und die Ausformung der Bedienelemente (konkav, konvex oder flach). Diese Daten lassen sich nur aus Benutzeroberflächen ablesen, die unter AutoCAD in der Prototypenentwicklung erzeugt wurden, da diese Benutzerschnittstellen als dreidimensionale Objekte vorliegen. Nur bei einer Bewertung in der Prototypenentwicklung ist es daher möglich, die oben genannten Parameter automatisch zu bewerten.

Die haptische Komponente einer Benutzerschnittstelle ist weder in der Simulation, noch in der Prototypenentwicklung darstellbar. Die kinästhetische¹⁶ Wahrnehmung der Schaltrückmeldung hängt z.B. von den Eigenschaften (Kraft-Weg-Kennlinie) der verwendeten Federbleche bzw. der Gummischaltmatte ab und muss entweder gemessen oder anhand des subjektiven Eindrucks der Benutzer bewertet werden.

Das gleiche gilt auch für die taktile Komponente, also die Wahrnehmung der Oberflächenbeschaffenheit. Sie hängt wiederum stark von den Materialien ab, aus denen das Gerät gefertigt wird (z.B. Gummi- oder Kunststofftasten) und kann auch bei Prototypen stark variieren (relativ glatte Oberflächen bei Stereolithographie, raue Oberflächen bei 3D-Plots).

Auch das Analysieren der verschiedenen Farben einer Benutzerschnittstelle oder die Beschriftung von Bedienelementen und Gehäuse ist in der Simulation schwierig, da diese Daten nur als Bildinformationen vorliegen, die nicht ausgewertet werden können. Unter AutoCAD ließen sich die entsprechenden Daten

¹⁶kinästhetisch: auch propriozeptive Sensibilität; Teil der haptischen Wahrnehmung, mit dem die Stellung und Bewegung des menschlichen Körpers sowie Muskelkräfte über Sinneszellen in Muskeln, Sehnen und Gelenken wahrgenommen werden. (nach [28])

wiederum leichter ermitteln und automatisch bewerten, aber auch hier sind nur Abmessungen Farben und Formen automatisch analysierbar. Die Verständlichkeit von Symbolen, Zeichen und Abkürzungen kann von einem Programm nicht überprüft werden, sie ist dem subjektiven Empfinden des Benutzers unterlegen und kann auch nur von ihm beurteilt werden.

Eine objektive Bewertung der nicht automatisch erfassbaren Eigenschaften der Benutzerschnittstelle ist mit Hilfe von Fragebögen möglich.

Einen Fragebogen muss der Entwickler der Benutzerschnittstelle selbst ausfüllen. Er enthält Fragen zu den Eigenschaften, die nicht vom subjektiven Empfinden oder Verständnis des Benutzers abhängen, da der Entwickler diese in Bezug auf seine eigene Arbeit nicht objektiv beurteilen kann.

Dieser Fragebogen stellt eine Art Checkliste dar, anhand deren der Entwickler feststellen kann, ob die Benutzerschnittstelle den Regeln für *Benutzerfreundliches Design* entspricht.

Es stehen dem Entwickler dazu einige Hilfsmittel zu Verfügung, wie z.B. ein Gelbfilter, der über das Bild der Benutzerschnittstelle gelegt wird. Da sich mit zunehmendem Alter die Hornhaut des Menschen eintrübt, sieht der ältere Mensch die Benutzerschnittstelle wie durch einen Gelbfilter, wodurch Farben wie Gelb oder Blau schlechter oder verfälscht wahrgenommen werden.

Um die Farbgebung der Bedienoberfläche diesbezüglich untersuchen zu können bzw. um dem Entwickler einen Blick auf das Gerät aus Sicht eines älteren Menschen zu gewähren, wird ein Gelbfilter über das Bild der Benutzerschnittstelle gelegt.

Weitere Filter dienen dazu, die Benutzerschnittstelle bei geringerer Helligkeit darzustellen, insbesondere um den Helligkeitskontrast von Anzeigen und Beschriftungen zum jeweiligen Umfeld (Hintergrund) aber auch zwischen Bedienelementen und Gehäuse zu überprüfen. Die Abbildung der Bedienoberfläche wird hierzu mit verschiedenen starken Graufiltern überlagert. Der Entwickler sieht dann bei welchen Helligkeitsverhältnissen beispielsweise die Anzeige noch ablesbar ist uns an welchen Stellen der Helligkeitskontrast der Benutzerschnittstelle noch verbessert werden muss (siehe Abbildung 4.26).



Abbildung 4.26: Veranschaulichung des Graufilters am Beispiel eines Blutdruckmessgeräts: *a/c* ist das Originalgerät, *b/d* eine mit dem DEws nach den Regeln des *Benutzerfreundlichen Designs* verbesserte Version; ohne Graufilter (*a* und *b*) ist das originale LC-Display gut ablesbar, bei Überlagerung mit dem 50%-Graufilter ist das LC-Display fast nicht mehr erkennbar(*c*), das LED-Display der verbesserten Version hingegen noch einwandfrei ablesbar (*d*).

Allerdings ist diese Methode fehlerbehaftet, da sie einerseits vom Bediener abhängt, der entscheiden muss, ab welcher Stufe eine Erkennbarkeit nicht mehr gegeben ist, und andererseits von den Einstellungen (Helligkeit, Kontrast) und von der Art (Röhren- oder TFT-Flachbildschirm) des Bildschirms, auf dem die Benutzerschnittstelle dargestellt wird. Die Kontrastwerte lassen sich daher nur zuverlässig für Vergleichsmessungen an verschiedenen Benutzeroberflächen verwenden, die an dem gleichen Bildschirm untersucht wurden. Bei Absolutmessungen kann die Methode aber dennoch Aussagen darüber machen, ob der Kontrast zu gering ist. Um der Forderung einer präziseren Absolutmessung zu entsprechen, muss der Bildschirm vor der Messung kalibriert werden. Zur Kalibrierung werden verschieden starke Kontraste dargestellt und müssen über Vergleichstafeln mit dem entsprechenden Kontrastwert versehen werden.

Der Entwickler kann auf ein Hilfsmittel zugreifen, um die Abmessungen oder Abstände von Elementen, die nicht automatisch erfasst werden können (z.B. Beschriftungen), zu messen. Er muss dazu einen Anfangspunkt und einen

Endpunkt anklicken und erhält als Ausgabe den Abstand zwischen den beiden Punkten. Die so gemessenen Werte werden in den Fragebogen eingegeben, mit den Einträgen im Konstruktionsregelkatalog verglichen und bewertet.

Ein zweiter Fragebogen wird der Testperson nach dem Benutzertest vorgelegt. Er dient zur Bewertung des subjektiven Eindrucks, den der Tester von der Benutzerschnittstelle und deren Bedienung gewonnen hat.

4.3.5.3 Benutzertests

Eine realistische Analyse eines Bedienkonzepts ist nur mit Hilfe von Benutzertests möglich. Ein Tester, der eine Benutzerschnittstelle erprobt, darf nicht an der Entwicklung des Geräts beteiligt sein und sollte Idealerweise zur angestrebten Zielgruppe (z.B. Senioren) gehören.

Die automatisch überprüfbaren Parameter wie Tiefe und Breite von Menüstrukturen oder Mehrfachbelegung von Bedienelementen sind nicht aussagekräftig genug, um ein vollständiges Urteil über das Bedienkonzept einer Benutzerschnittstelle fällen zu können. Eine Menü kann, obwohl es in Tiefe und Breite seiner Struktur den Vorgabewerten entspricht, trotzdem unbenutzbar sein, weil es z.B. in englischer Sprache verfasst ist oder weil eine unzureichende Benutzerführung besteht.

Im Folgenden wird die Vorgehensweise zur Einrichtung, Durchführung und Auswertung von Benutzertests unter Verwendung der Simulationen, die in der Simulationsumgebung des *Darmstädter Entwicklungssystems* erstellt wurden, beschrieben. Das Ablaufdiagramm zu der Benutzertestumgebung befindet sich im Anhang auf Seite 149.

Benutzertest einrichten Der erste Schritt bei der Planung von Benutzertests ist die Auswahl des Untersuchungsobjekts (z.B. Fernbedienung) und die Bestimmung des Untersuchungsrahmens. Der Entwicklungsingenieur muss festlegen, ob das Gerät bei dem Test weitere Geräte als Peripherie benötigt (z.B. Fernbedienung benötigt ein TV-Gerät zum Ansteuern) oder autonom agiert (z.B. Mobiltelefon). Diese Anfangsparameter werden bereits beim Einrichten der Simulation und damit aller Gerätefunktionen und Ausgaben bestimmt. Beim Einrichten des Benutzertests muss auch dessen Umfang fest-

gelegt werden, also ob das gesamte Gerät untersucht werden soll oder nur Teilfunktionen und ob die Testperson während des Tests auf die Bedienungsanleitung zugreifen darf.

Aus diesen Anfangsparametern ergibt sich die Aufgabenstellung, die der Testperson zur Bearbeitung vorgelegt wird. Darin müssen die Grundvoraussetzungen, der Ausgangspunkt (z.B. Gerät ist ausgeschaltet) und das zu erreichende Ziel enthalten sein. Die Aufgabe wird in ein Textfenster in der rechten Bildschirmhälfte eingegeben (siehe Abbildung 4.27) und wird beim Test wieder eingeblendet.

Um eine spätere Auswertung des Tests zu ermöglichen, muss auch der ideale Lösungsweg mit allen benötigten Schritten und Bearbeitungszeiten ge-



Abbildung 4.27: Eingabemaske zum Einrichten von Benutzertests mit der Aufgabenstellung, Datum und Uhrzeit bei dem Mobiltelefon einzustellen. Der Entwickler richtet den Test ein, indem er die Aufgabe formuliert (rechts) und eine Simulation auswählt (links dargestellt).

speichert werden. Dazu muss der Test einmal vollständig, fehlerfrei und in einer realistischen Bearbeitungszeit ausgeführt werden.

Die Aufgabenstellung und der ideale Lösungsweg werden unter dem Namen der Aufgabe abgespeichert. Zur Durchführung des Benutzertests muss die Aufgabe unter diesem Namen aus einer Liste ausgewählt und geladen werden.

Benutzertest durchführen Beim Starten eines Benutzertests wird die Testperson aufgefordert, Namen sowie Geschlecht, Alter und Beruf anzugeben. Unter dem Namen des Testers wird der Benutzertest abgespeichert, die übrigen Angaben dienen zur Erstellung von Statistiken.

Danach wird ein Benutzertest aus einer Liste ausgewählt und gestartet. Während des Tests werden alle „Mausklicks“ registriert und zusammen mit dem Ort, dem betätigten Bedienelement, der aktuellen Ebene, der Zielebene und dem Zeitpunkt gespeichert.

Wird bei einem Mausklick kein Bedienelement getroffen, überprüft das System, ob sich ein Element in unmittelbarer Nähe befindet, und speichert gegebenenfalls dessen Namen. Dies wird bei der Auswertung des Tests auch berücksichtigt und in den Ergebnissen aufgelistet.

Fragebogen Nach Beendigung des Benutzertests wird der Tester aufgefordert, einen Fragebogen (siehe Abbildung 4.28) auszufüllen, über den sein subjektiver Eindruck zu Aufbau und Benutzerfreundlichkeit der Bedienoberfläche und zur Durchführbarkeit der Aufgabe ermittelt wird.

Er beinhaltet neben den Fragen zum subjektiven Eindruck auch Fragen zum Layout der Bedienoberfläche (Farben, Größe und Abstand von Bedienelementen, Beschriftung und zur Anzeige), zur Bedienung des Geräts (Menüstruktur, Zurechtfinden in der Gerätebedienung) und zur Aufgabe selbst (Aufwand, Zumutbarkeit). Aus den Antworten lassen sich wertvolle Hinweise zu Verbesserung des Geräts, aber auch zur Erweiterung und Anpassung des Konstruktionsregeldatenbank des DEws ziehen.

Benutzertest auswerten Die während eines Benutzertests aufgezeichneten Daten werden mit den Vorgabewerten aus der Aufgabenstellung verglichen,

Benutzertest durchführen - Microsoft Internet Explorer

Adresse: D:\DEws\Simulation\Steuerung\Simulation.htm

Leiste: NEWS, Google, GLOSSAR.de, ARCHIV.de, GLOSSAR.de, Institut für Elektromechanische Konstruktionen

Führen Sie die rechts angezeigte Aufgabe aus. Klicken Sie nach erfolgreicher Ausführung auf 'Fertig'. Falls die Aufgabe nicht ausführbar ist, klicken Sie bitte auf 'Fehler'.

Fertig **Fehler** **Abbrechen**

Layout	Sehr gut	Gut	Mittel	Schwach	Schlecht	Keine Wertung
Bewerten Sie die Größe der Bedienelemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bewerten Sie die Erkennbarkeit der Beschriftung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bewerten Sie die Anordnung der Bedienelemente	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bewerten Sie die Farbwahl des Geräts und der Bedienoberfläche	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bewerten Sie die Abstand zwischen den Bedienelementen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bewerten Sie den Bezug zwischen den Bedienelementen und ihrer Beschriftung	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bewerten Sie den Bezug zwischen Anzeigeninhalten und den Bedienelementen	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 4.28: Ausschnitt aus dem Fragenbogen, der dem Tester nach Abschluss des Benutzertests vorgelegt wird

ausgewertet und auf dem Bildschirm tabellarisch ausgegeben. Die Darstellung besteht aus vier Teilen:

- **Formelle Daten:** Die persönlichen Daten des Benutzers sowie die Daten des Benutzertests wie Aufgabenstellung und Name der eingebundenen Simulation.
- **Aufgabe:** Vergleich der Vorgabewerte aus dem idealen Lösungsweg und dem Benutzertest, unterteilt nach Tastenbetätigungen und Zeiten:
 - Anzahl und Art der Tastenbetätigungen und der dabei aufgetretenen Fehler - allgemein für die Gesamtzahl der „Mausklicks“ und aufgeschlüsselt für jede einzelne Taste.
 - Gesamtbearbeitungszeit und Darstellung des Ablaufs der Aufgabenbearbeitung mit Betätigungszeiten. Fehler, die bei der Bearbeitung gemacht wurden, sind hervorgehoben.

- **Fragebogen:** Die Antworten aus dem Fragebogen werden in übersichtlicher Form zusammengefasst.
- **Layoutbewertung:** Die Ergebnisse der automatischen Bewertung der Benutzerschnittstelle sind angefügt, um dem Entwickler eine vollständige Dokumentation der Analyse zu bieten.

Die Layoutbewertung wurde mit in die tabellarische Darstellung der Auswertung aufgenommen, um eine vollständige und ausdrückbare Übersicht über die gesamte Bewertung der Benutzerschnittstelle zu bieten.

Ergebnis interpretieren Die Daten der Auswertung lassen sich im txt-Format (*ASCII*) exportieren. Dadurch wurde eine Schnittstelle zu Tabellenkalkulationsprogrammen (z.B. *MS Excel* oder *StarOffice Calc*) geschaffen.

So ist es dem Anwender des DEws möglich, Statistiken aus den Daten von Benutzertest zu erstellen und diese zu interpretieren.

Aus den persönlichen Daten mehrerer Testpersonen (Geschlecht, Alter und Beruf) und den von ihnen verursachten Fehlern beim Bearbeiten der Aufgabe sowie ihrer Antworten aus dem Fragebogen, kann beispielsweise eine Statistik erstellt werden, welche Personengruppe besser mit einem Gerät zurecht kommt oder bei welchen Tastenformen bzw. -größen Schwierigkeiten auftreten. Diese Erkenntnisse lassen sich dann in das Konstruktionsregelwerk einbinden, um dieses zu aktualisieren und zu erweitern.

Tabellenkalkulationsprogramme bieten zur Erstellung von Statistiken umfangreiche Möglichkeiten, die individuelle Darstellungen für fast jeden Bedarf erlauben. Die Programmierung von Makros, die dem Anwender die Arbeit erleichtern, kann nicht alle Möglichkeiten abdecken und würde dadurch den Anwender einschränken. Deshalb war die Arbeit mit Tabellenkalkulationsprogrammen nicht Teil dieses Projekts.

4.3.6 Der Baukasten

Die Benutzertestes mit Hilfe der Simulationsumgebung sollen dem Entwickler und auch dem Anwender einen Eindruck über die Funktionsweise eines Geräts, den Aufbau von Bedien- und Menüstrukturen vermitteln. Allerdings wird der

Eindruck, den der Tester von dem Gerät erhält, dadurch verfälscht, dass es nur als zweidimensionale Darstellung auf einem Bildschirm vorliegt und der Benutzer das Gerät nicht wirklich in die Hand nehmen kann.

Um einen haptischen Eindruck von dem Gerät zu erhalten und für Benutzertests unter realen Bedingungen, d.h. im häuslichen oder einem entsprechenden Umfeld mit realen Geräten, sind funktionsfähige Modelle erforderlich. Die Herstellung solcher Modelle ist aber kosten- und zeitaufwändig, besonders wenn mehrere verschiedene Bedienoberflächenlayouts getestet werden sollen. Für jedes Layout muss zumindest die Gehäuseoberschale neu angefertigt werden.

Diese Modelle sind auch nicht geeignet, um Anregungen und Verbesserungsvorschläge von Seiten der Anwender schnell in die Realität umzusetzen und zu erproben, da auch hierfür ein neues Modell auf dem Rechner entworfen bzw. das alte Modell modifiziert und in einem Rapid-Prototyping-Verfahren hergestellt werden muss.

Gerade in dem Bereich des *Benutzerfreundlichen Designs* sind die Ideen der eigentlichen Anwender wichtig für die Entwicklung eines Geräts, da hier der subjektive Eindruck des Nutzers gefragt ist. Die Geräte sollten Idealerweise im Dialog oder in Zusammenarbeit mit dem Nutzer entstehen. Wenn aber die Zeitspanne zwischen zwei Entwicklungsschritten sehr groß ist, weil erst ein neues Anschauungsobjekt produziert werden muss, dann lässt sich diese Entwicklungsmethode nicht in der Praxis einsetzen.

Um die Zeit zwischen zwei Entwicklungsschritten zu minimieren und eine möglichst große Flexibilität zu bieten, wurde das DEws um einen *Baukasten für die Erstellung von Fernbedienungsprototypen* erweitert.

Damit können schnell unterschiedliche Bedienoberflächenlayouts generiert und auch vor Ort an die Wünsche und Anforderungen des Anwenders angepasst werden.

Eine Bedienoberfläche wird durch Einsetzen von speziell für den Baukasten angefertigten Bedienelementen (Abbildung 4.31) in ein Grundgehäuse (Abbildung 4.29) aufgebaut und durch einfaches Umstecken der Bedienelemente an neue Anforderungen angepasst.

Dadurch ist es auch möglich, dass der Anwender (z.B. ein älterer Mensch)

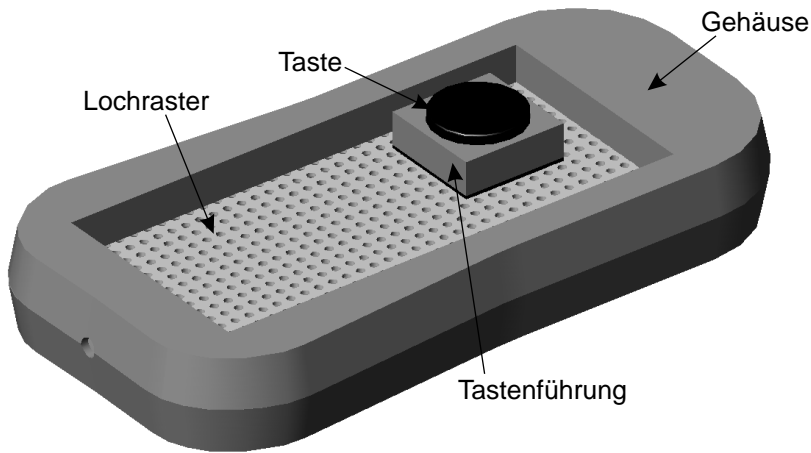


Abbildung 4.29: Das Grundgehäuse der Baukasten-Fernbedienung mit einem Baukastenelement. Die Elemente lassen sich beliebig auf dem Lochraster verteilen und steuern bei Betätigung die Schaltmatrix unterhalb des Lochrasters an (Abbildung 4.30).

selbst ein für ihn und seine Ansprüche benutzerfreundliches Gerät zusammensetzt und erprobt. Diese Vorgehensweise ist eine neue Art der „interaktiven Technikgestaltung“, da der Benutzer nicht nur ein Gerät, das ihm als Entwurf vorgelegt wird, analysiert und theoretische Verbesserungsvorschläge macht. Er ist direkt an der Gestaltung eines neuen Geräts beteiligt, das gleich als Modell vorliegt, so dass er sofort selbst überprüfen kann, ob seine Ideen und Verbesserungsvorschläge den gewünschten Effekt haben oder weiterer Änderungen bedürfen.

Legt man dem Anwender ein fertiges Produkt zur Analyse vor, dann wird er sich in seinen Vorschlägen zur Verbesserung immer an dem Ausgangsprodukt orientieren. Ermöglicht man ihm aber eine freie Gestaltung mit dem Baukasten, so kann er unbeeinflusst zu neuen Gestaltungsideen kommen, die dem Entwickler eventuell neue Wege für die Lösung von Designproblemen zeigen können.

In das Fernbedienungsgrundgehäuse des Baukastens ist die lernfähige Fernbedienungs elektronik integriert, die bereits in Abschnitt 4.3.2.2 beschrieben wurde. Sie steuert beliebige Geräte an, die über eine entsprechende Infrarot-Schnittstelle verfügen. Die Infrarot-Signale der Originalfernbedienung werden in der Elektronik gespeichert und den Bedienelementen auf der frei belegbaren Bedienoberfläche zugeordnet. In der Fernbedienungs elektronik können mehrere unterschiedliche Belegungen gespeichert und über einen Umschalter aktiviert werden. Dadurch lassen sich verschiedene Bedienoberflächen-Layouts im Vorfeld einprogrammieren und später beim Anwender abrufen.

Abbildung 4.29 zeigt das Gehäuse der Baukasten-Fernbedienung. Unterhalb des auf der Abbildung sichtbaren Gitters ist die Schaltmatrix mit der Fernbedienungs elektronik angeordnet. Das Gitter ist aus 1 mm starkem Stahlblech mit einer Lochrasterweite von 4 mm gefertigt. Die Herstellung des Gitters im gleichen Rapid-Prototyping-Verfahren wie das Gehäuse ist aufgrund zu geringer Stabilität nicht möglich. Stahlblech bietet neben der höheren Stabilität und damit einer minimalen Durchbiegung bei Betätigung noch den Vorteil, dass es auch zum Halten der Baukastenelemente dienen kann. Dazu ist auf der Unterseite der Elemente eine 1 mm-starke magnetische Folie aufgebracht. Sie fixiert das Element auf dem Stahlgitter und verhindert das Herausfallen, erlaubt aber dennoch ein einfaches Austauschen der Elemente.

Diese Rasterweite von 4 mm stellt die einzige Beschränkung bei der Positionierung der Baukastenelemente dar, weil die Betätigungsstifte der Bedienelemente durch das Gitter hindurch die Schaltmatrix betätigen müssen, wie die Schnittdarstellung des Aufbaus der Baukastenelemente in Abbildung 4.30 verdeutlicht.

Sie werden wie die Tasten eines Fernbedienungsprototypen mit Hilfe des Werkzeugkastens *Benutzerschnittstelle* der Prototypenentwicklungsumgebung unter AutoCAD erstellt (siehe Abschnitt 4.3.2.1). Dazu muss im Eingabefenster für die Berechnung der Tasten die Option „Baukastenelement“ aktiviert werden (siehe Abbildung 4.8, Seite 55). Die Abmessungen der Tastenführung werden dann automatisch an die Rasterweite des Gitters angepasst, so dass sich die verschiedenen Tastenelemente kombinieren lassen. Zwischenräume zwischen Bedienelementen, die bei größeren Abständen entstehen werden mit Zwi-

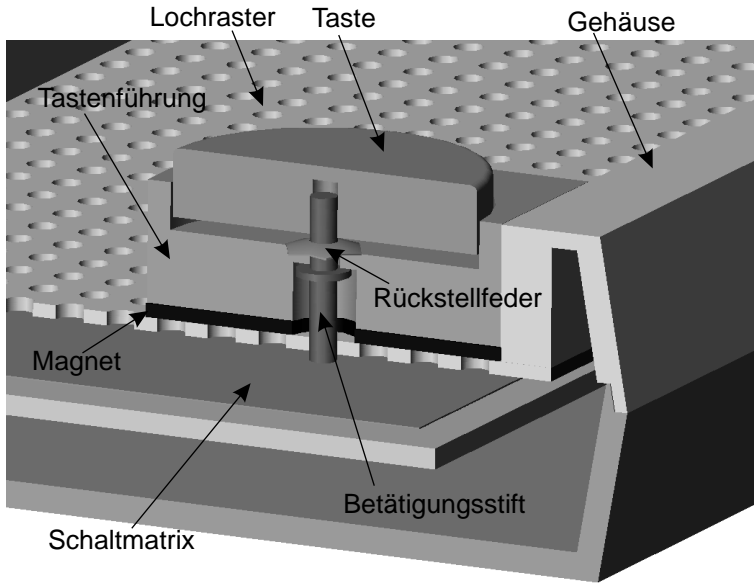


Abbildung 4.30: Schnitt durch die Baukasten-Fernbedienung und ein Baukastenelement. Bei Betätigung des Tasters drückt der Betätigungsstift auf die Schaltmatrix. Die Position wird registriert und in der Fernbedienungselektronik weiterverarbeitet.

schenstücken ausgefüllt, damit das Gerät eine geschlossene Oberfläche erhält.

In dem Baukasten sind verschiedene Tastenelemente (Abbildung 4.31) und Abstandhalter zum Auffüllen von Lücken zwischen den Bedienelementen enthalten. Die Elemente sind gemäß den Anforderungen aus dem *Konstruktionsregelwerk* bezüglich Abmessungen und Abständen gestaltet. Mit Hilfe der Prototypenentwicklung lassen sich weitere Baukastenelemente beliebiger Form erzeugen und herstellen. Es können auch andere, eventuell kleinere Gehäuseformen mit der Entwicklungsumgebung realisiert werden.

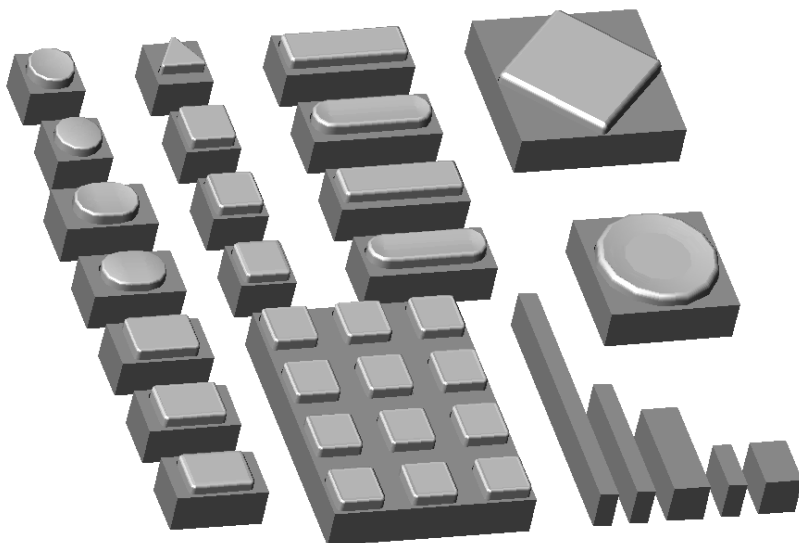


Abbildung 4.31: Baukastenelemente: Tastenelemente in verschiedenen Größen und Oberflächenformen, zusammenhängender Ziffernblock, Wipptasten und Vierquadrantentasten (von links) sowie verschiedene Abstandhalter zum Auffüllen von Lücken zwischen den Bedienelementen (unten rechts)

Das Gehäuse, die Tastenführungen und die Tasten sind in dem Rapid-Prototyping-Verfahren *3D-Druck* aus einer Stärke-Zellulose-Verbindung mit Epoxydharz hergestellt, die eine größere Stabilität aufweist, als die aus vernetztem Epoxydharz bestehenden Stereo-Lithographie-Modelle.

In *3D-Druck* hergestellte Modelle besitzen zwar eine rauere Oberflächenstruktur, lassen sich aber einfacher mechanisch Nachbearbeiten. Sie sind mehrfarbig herstellbar oder können nachträglich leicht eingefärbt werden.

4.4 Das DEws im Vergleich zum Stand der Technik

In Kapitel 3 ist der Stand der Technik bezüglich der Unterstützung beim Entwurf von benutzerfreundlichen Bedienoberflächen beschrieben. Im vorliegenden Abschnitt werden diese Unterstützungswerkzeuge mit dem *Darmstädter Entwicklungssystem*, das in diesem Projekt entstand, verglichen.

Das DEws beinhaltet als Gesamtsystem zur Geräteentwicklung alle Arten der in Kapitel 3 beschriebenen Werkzeuge, wie Tabelle 4.5 zeigt. Es enthält ein Regelwerk wie der *Resource Guide for Accessible Design* [59] oder das *Handbuch der Ergonomie* (HdE) [72] - allerdings nicht in Papierform, sondern als Datenbank wie *EKIDES* - und verfügt wie dieses auch über ein Bewertungssystem zur Überprüfung von Benutzerschnittstellen anhand der im Regelwerk enthaltenen Regeln. Das DEws umfasst auch eine experimentelle Unterstützung zur Durchführung, Überwachung und Auswertung von Benutzertests wie ein *Usability Lab* sowie Möglichkeiten, dem Entwickler den Blickwinkel des älteren Benutzers zu verdeutlichen - ähnlich dem *Age-Explorer*, aber nicht in dessen Umfang.

Tabelle 4.5: Vergleich der Ausstattung verschiedener Werkzeuge zur Unterstützung des Entwickler beim Entwurf benutzerfreundlicher Bedienoberflächen (siehe Kapitel 3) mit dem DEws.

Ausstattung	HdE/ Ekides	Sensi- Regeln	Resource Guide	Age- Explorer	Usability Lab	DEws
Regeln	x	x	x			x
Simulation				x		x
Benutzertest					x	x
Bewertung	x					x
Prototypbau						x
Baukasten						x
Benutzer- führung			x			x

Als einziges System bietet das DEws dem Entwickler eine Unterstützung bei der Gestaltung von Prototypen (*Prototypenentwicklungsumgebung*) und einen *Baukasten* zum schnellen und flexiblen Aufbau von Benutzerschnittstellen.

4.4.1 Theoretische Unterstützung

Zunächst soll das *Online-Konstruktionsregelwerk* des DEws mit den entsprechenden theoretischen Hilfsmitteln verglichen werden.

4.4.1.1 Inhalt der Unterstützungswerkzeuge

Bei dem Vergleich der Inhalte ist zu beachten, dass die einzelnen Hilfsmittel aus unterschiedlichen Gründen und für unterschiedliche Zielgruppen erstellt wurden. Dadurch variieren Umfang und Art des Datenmaterials stark.

So ist das HdE zusammen mit seiner Datenbankversion EKIDES das umfassendste ergonomische Regelwerk. Es wurde aber für die ergonomische Gestaltung von Arbeitsplätzen und Arbeitsabläufen für Personen im arbeitsfähigen Alter ausgelegt. Das DEws, das *Sensi-Regelwerk* und der *Resource Guide for Accessible Design of Consumer Electronics* sind auf das Ziel ausgerichtet, Personen im Rentenalter (über 60 Jahren) oder auch - wie bei zuletzt genanntem *Resource Guide* - behinderten Menschen das Leben in ihrem privaten Umfeld zu erleichtern bzw. zu ermöglichen. Nur ein kleiner Teil des HdE deckt sich daher mit den Inhalten und Zielen des DEws.

Auch die Anforderungen an die Arbeitsumgebung, wie z.B. an Beleuchtung, Belüftung oder Sitzhaltung, sind nicht Bestandteil des DEws. Es ist nicht die Aufgabe des Entwicklers von Geräten der Unterhaltungselektronik ist, derartige Parameter einzuplanen, da diese auch nicht von ihm kontrollierbar sind. Die Geräte müssen aber so gestaltet sein, dass es auch bei nicht bestimmungsgemäßem Einsatz zu keiner Gefährdung des Benutzers kommen kann.

Das DEws ist hauptsächlich auf die Gestaltung von Handgeräten zur Einhandbedienung (z.B. Fernbedienung) ausgelegt. Deren ergonomische Form, Schwerpunktage oder die Anordnung der Bedienelemente zur Einhandbedienung, sind im HdE und in den anderen Regelwerken nur ansatzweise enthalten.

4.4.1.2 Aufbau der Unterstützungswerkzeuge

Ein wichtiges Kriterium für die Benutzbarkeit von Hilfsmitteln ist der Zugriff auf die vom Anwender benötigten Daten. Von Zugriffsgeschwindigkeit und -komfort hängt letztendlich ab, ob das Hilfsmittel vom Entwickler benutzt wird. Man muss hierbei unterscheiden, in welcher Form das Hilfsmittel vorliegt. Die papiergebundenen Regelwerke wie das HdE sind, was die Möglichkeit und die Geschwindigkeit der Datensuche angeht, gegenüber den auf dem Rechner vorliegenden Regelwerken (z.B. EKIDES, DEws) im Nachteil, wenn es sich um ein Werk mit größerem Umfang handelt.

Um verschiedenen Anwendern mit unterschiedlichen Vorgehensweisen einen komfortablen Datenzugriff zu bieten, müssen unterschiedliche Suchmöglichkeiten zur Auswahl angeboten werden.

Bei papiergebundenen Regelwerken ist der Anwender gewohnt, ein Inhalts- und ein Stichwortverzeichnis vorzufinden oder einfach durch die Seiten zu blättern. Diese Gewohnheiten werden vom DEws durch entsprechende Funktionen unterstützt, wobei hier das Inhaltsverzeichnis immer links auf dem Bildschirm angezeigt wird und dem Anwender so auch zur Orientierung dient.

Die schnellste Vorgehensweise, um Daten in einem elektronischen Regelwerk zu finden, ist die Stichwortsuche. Sie steht in Regelwerken wie EKIDES und dem Online-Regelwerk des DEws, aber auch in der elektronischen Form des Sensi-Regelwerks (*Acrobat pdf*-Format) zu Verfügung. Sie erfordert aber im Gegensatz zum Stichwortverzeichnis eine genaue Kenntnis des Suchbegriffs. Deshalb ist es sinnvoll, beide Möglichkeiten zur Suche anzubieten.

Zwei Sonderformen für den systematischen Datenzugriff bzw. zur Benutzerführung stellen die „Roadmap“ des *Resource Guide* und die „Sensi-Matrix“ des Sensi-Regelwerks dar. Sie bieten dem Anwender zusätzlich zu einem schnellen Datenzugriff auch eine Hilfe, falls er unsicher ist, welche Daten oder Regeln für seinen speziellen Fall relevant sind.

Die Idee der Roadmap wurde durch die Strukturierung der Kapitel, die den Anwender schrittweise zu dem gesuchten Abschnitt führen, in das DEws aufgenommen. Diese Strukturierung entspricht der *geräteorientierten* Struktur, die auch dem HdE und EKIDES zugrunde liegt. Sie kommt der Vorgehens- und Denkweise des Entwicklers entgegen.

Wichtig ist auch eine übersichtliche Darbietung der Informationen. Werte, wie Abmessungen oder Kräfte, sollten in Tabellen mit konsistentem Erscheinungsbild aufgelistet sein, um dem Anwender die Orientierung zu erleichtern. Dies wird am besten von Datenbanksystemen (Ekides und DEws) erreicht, da hier die Werte immer von der selben Programmroutine aus einer Datenbank gelesen und damit auch immer in gleicher Art angezeigt werden (Abbildung 4.32).

Über die gleiche Programmroutine lassen sich beim DEws die Datenbankeinträge zu technischen Parametern aktualisieren (über die Schaltfläche „Para-

Kipptaster

Technische Daten von Kipptastern


	Minimum	Optimum	Maximum	Einheit	Quellenangabe	Kommentar
Abmessungen						
Breite	3	5 - 8	25	mm	HdE	
Kantenlänge	13	20	50	mm	HdE	
	Minimum	Optimum	Maximum	Einheit	Quellenangabe	Kommentar
Mechanik						
Betätigungskraft	2	3.5	5	N	HdE	bei Hebellänge bis 25 mm
Betätigungskraft	3		13	N	HdE	
Kippwinkel	30	40 - 60	120	°	HdE	
	Minimum	Optimum	Maximum	Einheit	Quellenangabe	Kommentar
Abstand						
Abstand nach oben/unten		20		mm	HdE	
Seitlicher Abstand		12		mm	HdE	
<div>Parameter anpassen</div>						

Abbildung 4.32: Automatisch durch das Steuerungsprogramm des DEws aus Datenbankeinträgen erzeugte Tabelle

meter anpassen“, in Abbildung 4.32 unten links dargestellt). Die Datenbanken des DEws können auch beliebig durch Neueinträge erweitert werden. Zur komfortablen Eingabe von Neueinträgen steht dem Anwender eine entsprechende Eingabemaske zur Verfügung. Eine ähnliche Erweiterbarkeit bieten auch andere datenbankbasierte Systeme wie EKIDES.

In Papierform vorliegende Regelwerke sind nicht oder nur umständlich aktualisierbar. Das HdE wird in unregelmäßigen Abständen von ein bis drei Jahren durch Zusendung entsprechender neuer oder überarbeiteter Kapitel auf den neusten Stand gebracht.

Das DEws steht dem Anwender auf dem Web-Server des *Instituts für Elektromechanische Konstruktionen* der TU Darmstadt zu Verfügung und wird bis zur Fertigstellung dieses Projekts von dort gewartet und aktualisiert, so dass der Anwender, der über das Internet mit dem DEws arbeitet, immer Zugriff auf die neuste Version hat. Für Anwender, die das DEws auf ihrem Rechner installiert haben, besteht die Möglichkeit, *Updates* aus dem Internet herunterzuladen¹⁷ oder diese per *E-Mail* zu beziehen.

Trotz der Nachteile der Papierform gegenüber den rechnergebundenen Systemen wird von den meisten Anwendern das Papier dann bevorzugt, wenn es darum geht, längere Textpassagen zu lesen. Auf Papier lassen sich leicht bestimmte Textstellen hervorheben und kommentieren, was am Rechner nur schwer oder gar nicht möglich ist. Deshalb ist es sinnvoll, neben einer Online-Version auch eine druckbare Version eines Regelwerks anzubieten. Beim DEws kann der Anwender wahlweise das komplette Werk oder nur den aktuellen Abschnitt ausdrucken.

4.4.2 Praktische Unterstützung

Zu den praktischen Unterstützungswerkzeugen gehören Simulationen und Benutzertests, die sich im Gegensatz zu den theoretischen allgemeinen Werkzeugen mit einem speziellen zu untersuchenden Gerät beschäftigen und es analysieren. Dazu gehören aber auch Systeme, die den Entwickler beim Aufbau von Prototypen praktisch unterstützen.

¹⁷ unter <http://www.benutzerfreundliches-design.de/>

4.4.2.1 Benutzertests

Das DEws ist innerhalb seiner Simulationsumgebung mit einem „virtuellen Usability Lab“ ausgestattet, mit dem Benutzertests erstellt und unter annähernd realistischen Bedingungen durchgeführt werden können.

Die Tests können in diesem Rahmen nicht so aufwändig und auch nicht so aussagekräftig sein, wie in einem realen *Usability Lab*. Sie sind aber wesentlich schneller zu realisieren und verursachen praktisch keine Kosten.

Ein weiterer Vorteil ist, dass die Tests über das Internet laufen können, wodurch mehr Testpersonen erreicht werden können, ohne dass sich der Aufwand vergrößert.

Das DEws bietet als einziges System Unterstützung bei der Auswertung und auch der Vorbereitung von Benutzertests. Die Auswertung erfolgt auch teilweise automatisiert, was gerade bei größer angelegten Testreihen im Internet und beim Erstellen von Statistiken hilfreich ist. Die Vorbereitung der Tests wird durch die Simulations- und die Prototypenentwicklungsumgebung sowie den Baukasten erleichtert und beschleunigt.

Das DEws ist so ausgelegt, dass auch nicht speziell geschultes Personal einfache Benutzertests mit aussagekräftigen Ergebnissen aufbauen, durchführen und auswerten kann. Es kann und soll die großen Usability Labs nicht ersetzen, es soll nur denjenigen Entwicklern eine Hilfe bieten, die sich großangelegte Benutzertests aus Zeit- und Kostengründen nicht erlauben können.

4.5 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde das in der vorliegenden Arbeit entwickelte *Darmstädter Entwicklungssystem für benutzerfreundliche Geräte der Unterhaltungselektronik* (kurz: DEws) in seinem Aufbau und seiner Funktionsweise beschrieben und mit bereits vorhandenen Hilfsmitteln dieser Art verglichen.

Das DEws unterstützt den Entwicklungsingenieur bzw. Designer in jeder Phase der Entwicklung von Benutzerschnittstellen von der Konzeptentwicklung bis zum Aufbau funktionsfähiger Prototypen. Ihm stehen hierfür „Werkzeuge“ zur Erstellung und Bewertung von Benutzerschnittstellen sowie Konstruktionsregeln als Hilfestellung zur Verfügung.

Die zentrale Komponente des DEws ist das *Online-Konstruktionsregelwerk*, eine internetfähige Datenbank, die Regeln und Hinweise für das benutzerfreundliche Design der verschiedenen Bestandteile von Benutzerschnittstellen enthält. In der Datenbank sind technische Daten und Empfehlungen für die Gestaltung von Bedienelementen und Anzeigen, aber auch Hinweise zum Aufbau von Menüsteuerungen und Bedienkonzepten sowie Bedienungsanleitungen zu finden.

Die Darstellung der Daten erfolgt in Form einer Internet-Seite mit verschiedenen Möglichkeiten der Navigation und Suche (z.B. Stichwortverzeichnis, Stichwortsuchfunktion). Der Aufbau wurde darauf ausgelegt, dass die gesuchten Regeln und Informationen schnell und vollständig gefunden werden.

Da sich diese Arbeit besonders mit den Anforderungen älterer Menschen an die Bedienung von Geräten der Unterhaltungselektronik beschäftigte, sind die Regeln auf diese Zielgruppe ausgerichtet. Außerdem sind in der Datenbank auch Informationen über die Fähigkeiten und Einschränkungen enthalten, mit denen der Mensch im Alter konfrontiert wird. Diese Informationen sind nach Einschränkungen der Sinne, des Körpers und des Geistes gegliedert und mit den Konstruktionsregeln verknüpft.

Zu dem *Darmstädter Entwicklungssystem* gehören - außer dem *Online-Konstruktionsregelwerk* - eine *Prototypenentwicklungsumgebung* und eine *Simulationsumgebung* für virtuelle Benutzerschnittstellen.

Die *Prototypenentwicklungsumgebung* wurde für die schnelle Erzeugung funktionsfähiger Bedienoberflächen entwickelt, die mit einer lernfähigen Fernbedienungselektronik ausgestattet und so für Benutzertests eingesetzt werden können. Um den Entwicklungsprozess zu beschleunigen und eine intuitive Bedienung zu gewährleisten, wurden Makros programmiert, mit deren Unterstützung dreidimensionale Bedienelemente und Gehäuse erzeugt werden.

Die Entwicklungsumgebung wurde unter AutoCAD 2000 erstellt und ist durch eine Hilfe-Funktion mit der Regeldatenbank und über eine automatische Bedienoberflächenbewertung mit der Simulationsumgebung verknüpft.

Zusätzlich wurde der so genannte *Baukasten* entworfen, der es ermöglicht, beliebige Bedienelemente zu einer funktionsfähigen Fernbedienung zusammenzustellen. Er besteht aus einem Gehäuse und unterschiedlichen Bedienelement-

modulen. Das Gehäuse ist mit einer lernfähigen Fernbedienungselektronik und einer Schaltmatrix, auf der an beliebiger Position die Bedienelementmodule platziert werden können, ausgestattet. Die Bedienelementmodule haften magnetisch auf der Bedienoberfläche, aktivieren bei Betätigung die Schaltmatrix und lösen dadurch ein Fernbedienungssignal aus. Vorteil des Baukastens ist, dass sich funktionsfähige reale Prototypen schnell aufbauen lassen, ohne dass dafür aufwändige Herstellungsverfahren nötig wären.

Die *Simulationsumgebung* ist eine Software zur Erstellung und "Bewertung von virtuellen Benutzerschnittstellen. In den Simulationen werden Bedienoberflächen, z.B. aus der Prototypenentwicklung, eingebunden und mit Gerätefunktionen und Menüführungen versehen. Die dafür notwendige Programmierung erfolgt über eine Eingabemaske durch schrittweisen Aufbau des Bedienkonzepts.

Das System überprüft und bewertet die Benutzerschnittstellen automatisch unter Verwendung der Konstruktionsregeln aus der Datenbank. Mit Hilfe der Simulationen lassen sich auch Bildschirmbenutzertests erzeugen und auswerten. Ein weiteres Werkzeug der Simulationsumgebung ist der *Benutzerschnittstellen-Wizard*, mit dessen Hilfe Bedienkonzepte entwickelt werden können.

Das *Darmstädter Entwicklungssystem für benutzerfreundliche Geräte der Unterhaltungselektronik* verbindet die verschiedenen Möglichkeiten der Entwicklerunterstützung, die durch z.B. Regelwerke oder Usability Labs geboten werden und kombiniert sie mit den neuen Unterstützungswerkzeugen - die Prototypenentwicklung, der Baukasten und die Funktionen der Simulationsumgebung (automatische Bewertung und *Benutzerschnittstellen-Wizard*) - zu einem Gesamtsystem, in dem alle Komponenten zueinander kompatibel sind und ihre Funktionen gegenseitig nutzen können, so dass z.B. die Bewertungsfunktionen der Simulationsumgebung in der Prototypenentwicklung eingesetzt und Prototypen in die Simulation eingebunden werden können. Alle Systemkomponenten verwenden die Konstruktionsregeldatenbank als gemeinsame Datenbasis.

5 Anwendungsbeispiel:

„Bedienkonzept für einen Videorekorder“

In diesem Kapitel wird die Anwendung des *Darmstädter Entwicklungssystems*, das im vorigen Kapitel beschrieben wurde, anhand eines Beispiels veranschaulicht. Als Beispiel wurde die Benutzerschnittstelle eines Videorekorders ausgewählt, weil diese Geräte häufig als Synonym für Benutzerunfreundlichkeit verwendet werden. Sie bieten sich aber auch deshalb als Beispiel an, weil sie alle Komponenten enthalten, die mit Hilfe des DEws gestaltet und entwickelt werden können.

- **Fernbedienung:** Sie ist üblicherweise das wichtigste Eingabeelement bei einem Videorekorder und weist bei käuflichen Geräten die größten Mängel auf.
- **Menüsteuerung:** Heutige Videorekorder kommen bei ihrem Funktionsumfang nicht mehr ohne Menüsteuerung aus. Im Gegensatz zu Mobiltelefonen ist der Menüumfang aber noch relativ gering.
- **Bedienung über die Gerätefrontplatte:** Über die Frontplatte kann der Videorekorder meist nur in verringertem Umfang bedient werden. Sie hat aber gerade für Grundfunktionen und durch die Aufnahme bzw. den Auswurf der Videokassette weiterhin Bedeutung bei der Bedienung des Geräts.
- **TV-Gerät:** Es dient für den Videorekorder nur als Ausgabegerät (Videofilm und Menü) und wird ansonsten nicht angesteuert.

Mobiltelefone wären auch ein gängiges Beispiel besonders für nicht benutzerfreundliche Menüsteuerungen, sind aber bei älteren Menschen weniger verbreitet als Videorekorder.

5.1 Umgang mit dem DEws

Das DEws ist so ausgelegt, dass Anwender mit verschiedenen Erfahrungswerten das System auf verschiedene Weise einsetzen können. Ein „Anfänger“ benötigt ein gewisses Maß an Anleitung bei der Erstellung von Benutzerschnittstellen und geht auch beim Umgang mit dem Regelwerk eventuell einen umständlicheren Weg. Der fortgeschrittene Anwender hingegen verwendet aufgrund seiner Erfahrung Systemkomponenten wie die Prototypenentwicklung, ohne zuvor das Bedienkonzept systematisch mit dem DEws zu entwickeln. Er hat eventuell auch das Regelwerk entsprechend seinen Anforderungen angepasst und erweitert. Die systematische Vorgehensweise bei der Entwicklung einer Benutzerschnittstelle wird im Folgenden beschrieben.

5.2 Systematik durch Verwendung des *Benutzerschnittstellen-Wizard*

Wie bereits in Kapitel 4 erwähnt, wurde für Entwickler, die auf dem Gebiet des *Benutzerfreundlichen Designs* neu sind, der *Benutzerschnittstellen-Wizard* zur systematischen Vorgehensweise bei der Erstellung von Bedienkonzepten geschaffen. Er wird in diesem Abschnitt zur Erstellung des Bedienkonzepts für den Videorekorder herangezogen und soll anhand dieses Beispiels beschrieben werden.

5.2.1 Erstellung eines Bedienkonzepts

Nach dem Starten des *Wizards* aus dem Hauptfenster der Simulationsumgebung wird der Anwender gebeten, die Liste der Benutzerfunktionen, die zur Bedienung des Geräts gefordert sind, einzugeben. Die Benutzerfunktionen ergeben sich entweder aus der Anforderungsliste des Auftraggebers oder - wenn z.B. eine neue Fernbedienung für ein bereits vorhandenes Gerät konstruiert werden soll - aus den Gerätefunktionen, die dem Benutzer zur Verfügung stehen sollen. Abbildung 5.2 zeigt die Liste der Benutzerfunktionen eines Videorekorders im mittleren Ausstattungssegment.

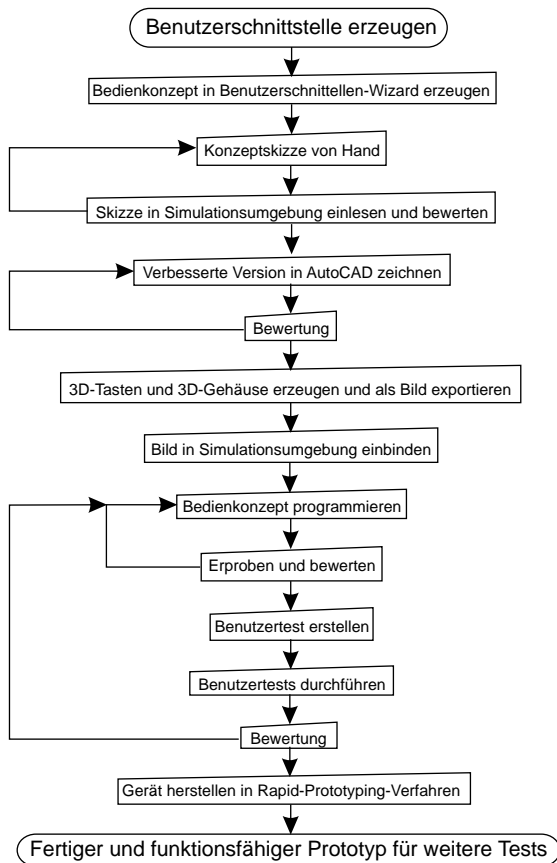


Abbildung 5.1: Die einzelnen Schritte bei Erstellung einer Benutzerschnittstelle unter Verwendung des DEws. Manche Schritte müssen eventuell wiederholt werden, wenn das Ergebnis einer Bewertung nicht zufriedenstellend ist und die Benutzerschnittstelle angepasst wird.

Benutzerschnittstellen-Wizard

Schritt II

Benutzerfunktionsliste für die Benutzerschnittstelle 'VCR' erstellen

Bitte geben Sie jetzt alle Benutzerfunktionen ein (z.B. bei einem VCR: Play, Stop, Vorspulen...) und klicken Sie nach jeder Eingabe auf 'Übernehmen':

Die Funktionsnamen werden, wenn sie Sonderzeichen oder Umlaute enthalten, automatisch zur Verwendung im System angepasst.

Liste der Funktionen:

Aufnahme
Autoabstimmung
Counter_Reset
Display
Display_E_A_Dimmer
Feinabstimmung
Gerat_E_A
Input_Select
Kanaleinstellung
Kassettenauswurf
LP_SP
Menue_E_A
Menue_Steuertasten
Pause
Programm_up_down
Quick_Timer
Rueckspulen
Rueckspulen_bis_Index
Sendekanal
Sendereinstellung
ShowView
ShowView_Einstellungen
Sprache
Stop
Timer
Timer_Clear
Tracking_up_down
Vorspulen
Vorspulen_bis_Index
Zeitleupe
Ziffern

Abbildung 5.2: Liste der Benutzerfunktionen eines Videorekorders in der Eingabemaske des *Wizards*

Die nächste wichtige Anforderung an die zu entwickelnde Mensch-Geräte-Schnittstelle ist die Ausstattung an Benutzeroberflächen, über die das Gerät verfügt. Der *Wizard* unterscheidet drei Arten von Benutzerschnittstellen bzw. -oberflächen, die vom Anwender des *Wizard* für das Bedienkonzept seines Geräts ausgewählt werden können:

- **Standgerät:** An Standgeräten sind die Bedienelemente in der Regel in einer Frontbedienplatte angeordnet. Standgeräte sind z.B. Videorekorder und Fernseher, aber auch Haushaltsgroßgeräte wie Waschmaschinen.
- **Handgerät:** Dabei handelt es sich um Fernbedienungen, Mobiltelefone und andere nicht ortsgebundene Geräte. Sie haben das gemeinsame Problem, dass das Gerät eine komplexe Steuerung enthalten und trotzdem ein möglichst geringes Bauvolumen haben muss.

- **Menüsteuerung:** Die Menüsteuerung ist eine interaktive und in ihrem Erscheinungsbild veränderliche Benutzeroberfläche.

Der Videorekorder verfügt über alle drei Arten von Benutzeroberflächen und benötigt zusätzlich noch ein Fernsehgerät zur Anzeige der Menüauswahl und des abzuspielenden Films.

Nachdem die Benutzerfunktionen des Geräts und Art seiner Bedienoberflächen festgelegt sind, müssen sie gewichtet werden (siehe Seite 108). Die Wichtigkeit einer Funktion definiert die Erscheinungsform auf der Benutzeroberfläche bzw. die Position innerhalb der Menüstruktur (Tabelle 5.1).

Um die Funktionen möglichst objektiv einstufen zu können, werden alle Benutzerfunktionen untereinander paarweise verglichen und bewertet. Abbildung 5.3 zeigt die dafür notwendige Matrix, an deren Zeilen und Spalten die Funktionen aufgetragen sind. In die Kästchen an den Kreuzungspunkten trägt der Anwender die Bewertung ein. Dabei wird unterschieden, ob die in der Zeile stehende Funktion häufiger (+), gleich häufig (0) oder weniger häufig (–) eingesetzt wird als die Funktion in der Spalte. Es wird nicht berücksichtigt, ob eine Funktion wesentlich öfter oder wesentlich seltener benutzt wird als der Vergleichspartner, um dem Anwender die Entscheidung zu erleichtern. Der Paarvergleich ist eine exakte und objektive Methode der Gewichtung, allerdings auch sehr zeit- und arbeitsintensiv.

Der Aufwand für den Anwender konnte reduziert werden, da die Matrix an der Diagonalen gespiegelt und invertiert ist. Der *Wizard* berechnet die gespiegelten Einträge automatisch. Auf der Diagonalen selbst werden gleiche Funktionen miteinander verglichen, was immer zu gleicher Wichtigkeit (0) führen muss. Das Beispiel des Videorekorders hat 32 Benutzerfunktionen, was eine 32×32 -Matrix mit 1024 Elementen ergäbe. Durch Spiegelung und Vernachlässigung der Diagonalen bleiben immer noch 496 Elemente, die vom Anwender eingetragen werden müssten.

Um den Aufwand weiter zu reduzieren, sollte der Anwender, die Benutzerfunktionen, bei denen eine gleiche Benutzungshäufigkeit vorausgesetzt werden kann („Play“ und „Stop“ oder „Vorspulen“ und „Rückspulen“), zunächst in Clustern gruppieren und dann die Funktionscluster miteinander vergleichen.

Im Beispiel des Videorekorders konnten die Benutzerfunktionen soweit zu-

	Ziffern	Zeitlupe	Updown	Clear	Timer
h_1 Aufnahme	E_{11}	E_{12}	E_{13}	...	
h_2 Display	E_{21}	E_{22}	E_{23}	...	
h_3 Feinabstimmung					
• Input_Select					
• Kassettenauswurf					

Abbildung 5.3: Ausschnitt aus der Tabelle zur Gewichtung der Benutzerfunktionen im Paarvergleich. Die Spalteneinträge sind senkrecht geschrieben, damit die Tabelle nicht zu breit und unübersichtlich wird. HTML unterstützt keine um 90° gedrehte Schrift.

sammen gefasst werden, dass nur noch 16 Funktionen bzw. Funktionscluster verglichen werden müssen (Abbildung 5.3).

Die Auswertung erfolgt durch zeilenweises Aufsummieren der Einträge E_{ij} und Normieren des Ergebnisses h_i auf einen Maximalwert von Eins. Dazu werden die Einträge umgewandelt ($- \Rightarrow -1$; $0 \Rightarrow 0$; $+ \Rightarrow +1$) und die fehlende Hälfte der Matrix ergänzt.

$$h_i = \frac{\sum_j E_{ij} + A}{2 * A} \quad (5.1)$$

A ist die Gesamtzahl der Funktionen (hier: $A = 16$). Das Ergebnis h_i wird für jede Funktion mit linearer Teilung fünf Stufen der Benutzungshäufigkeit (Gewichtung) zugeordnet und in einer Tabelle dargestellt (Abbildung 5.4).

Benutzerschnittstellen-Wizard

Schritt IV

Benutzungshäufigkeit der Funktionen von 'VCR'

Bitte legen Sie fest, wie oft jede einzelne Benutzerfunktion in Gebrauch ist.

- **Immer:** Die Funktion wird bei jeder oder fast jeder Benutzung des Geräts benötigt (z.B. Ein-/Ausschalter)
- **Häufig:** Die Funktion wird sehr oft eingesetzt (z.B. Timer).
- **Gelegentlich:** Die Funktion wird unregelmäßig gebraucht (z.B. Umschaltung zw. Longplay und Shortplay).
- **Selten:** Hierunter fallen selten auszuführende Funktionen wie z.B. Sendereinstellungen.
- **Einmal:** Funktionen, die nur bei der Installation des Geräts ausgeführt werden müssen (z.B. Sprachauswahl für das Menü).

Funktion	Immer	Häufig	Geleg.	Selten	Einmal
Aufnahme	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Autoabstimmung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Counter_Reset	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Display	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Display_E_A_Dimmer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Feinabstimmung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Geraet_E_A	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Input_Select	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kanaleinstellung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kassettenauswurf	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
LP_SP	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Menue_E_A	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Menue_Steuertasten	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pause	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 5.4: Tabelle zur Bewertung der Benutzerfunktionen nach der Benutzungshäufigkeit. Die Funktionen sind alphabetisch sortiert. Die fünf Stufen der Benutzungshäufigkeit im Bild links sind noch einmal im Text wiedergegeben.

Die fünf Stufen der Benutzungshäufigkeit, die auch in Abbildung 5.4 auf der linken Seite wieder gegeben sind, lauten im einzelnen:

- **Immer:** Die Funktion wird bei jeder oder fast jeder Benutzung des Geräts benötigt (z.B. Ein-/Ausschalter oder „Play“).
- **Häufig:** Die Funktion wird sehr oft eingesetzt (z.B. Timer, Aufnahme).
- **Gelegentlich:** Die Funktion wird unregelmäßig gebraucht (z.B. Umschaltung zwischen Longplay und Shortplay, Vorspulen bis zur nächsten Indexmarkierung).
- **Selten:** Hierunter fallen selten auszuführende Grundeinstellungen wie z.B. Sendereinstellungen, die sich normalerweise nicht ändern.
- **Einmal:** Funktionen, die nur bei der Installation des Geräts ausgeführt werden müssen (z.B. Auswahl der Sprache, in der das Menü angezeigt werden soll).

In der Tabelle kann der Anwender die Gewichtung überprüfen und noch Änderungen vornehmen. Auf der Ordinate sind die Funktionen alphabetisch angeordnet und der errechneten Benutzungshäufigkeit zugeordnet.

Der versierte Anwender, der nicht den langwierigen Paarvergleich durchführen will, kann diesen überspringen und die Gewichtung der Benutzerfunktionen nach seiner Erfahrung direkt in der Tabelle aus Abbildung 5.4 festlegen.

Im nächsten Schritt werden die Funktionen den zuvor ausgewählten Benutzerschnittstellen (Standgerät, Handgerät, Menüsteuerung) gemäß der Gewichtung zugeordnet. Dies geschieht wiederum in einer Tabelle, in der die Funktionen nach der Benutzungshäufigkeit zeilenweise sortiert sind (Abbildung 5.5).

Benutzerschnittstellen-Wizard

Schritt V

Zuordnung der Anordnung von Bedienelementen gemäß der Benutzungshäufigkeit der Funktionen von 'VCR'

Bitte legen Sie fest, an welcher Position die Benutzerfunktionen angeordnet werden.
Die empfohlene Position (entsprechend der Benutzungshäufigkeit) ist hervorgehoben und selektiert.

Funktionen, die immer benötigt werden																
	Standgerät						Handgerät				Menüsteuerung					
	offen und zentral	offen, seitl., kleiner	verdeckt	'Shift'- Funktion	Rück- seite	Keine Position	prim. Greif- raum	sekund. Greif- raum	Peri- pherie	'Shift'- Funktion	Keine Position	1. Ebene	2. Ebene	3. Ebene	4. Ebene	Keine Position
Geraet_E_A	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anmerkung:	<input type="text" value="Links oben"/>						<input type="text" value="Links oben"/>				<input type="text"/>					
Play	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anmerkung:	<input type="text"/>						<input type="text"/>				<input type="text"/>					
Rueckspulen	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anmerkung:	<input type="text" value="Links"/>						<input type="text" value="Links"/>				<input type="text"/>					
Stop	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anmerkung:	<input type="text"/>						<input type="text"/>				<input type="text"/>					
Vorspulen	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anmerkung:	<input type="text" value="Rechts"/>						<input type="text" value="Rechts"/>				<input type="text"/>					

Funktionen, die häufig benötigt werden

StandgerätHandgerätMenüsteuerung

Abbildung 5.5: Ausschnitt aus der Tabelle in der die Benutzerfunktionen den Benutzerschnittstellen zugeordnet werden. Die dunkel hinterlegten Felder markieren die Empfehlungen des Wizard. Die weißen Felder sind für Kommentare des Anwenders vorgesehen.

In den Spalten sind die Mensch-Geräte-Schnittstellen und die Positionierungen aufgetragen. Die empfohlene Position ist farblich hervorgehoben und aktiviert, kann aber bei Bedarf beliebig geändert werden. Die Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus der Tabelle mit den Benutzerfunktionen, die bei jeder Benutzung des Videorekorders eingesetzt werden („Gerät Ein/Aus“, „Play“, „Rückspulen“, „Stop“, „Vorspulen“). Der *Wizard* empfiehlt diese Funktionen auf der Gerätefrontplatte „offen und zentral“ und auf der Fernbedienung im „primären Greifraum“ anzuordnen. Funktionen, die immer benötigt werden, sollten nicht in einer Menüsteuerung vorkommen, so dass hier „Keine Position“ empfohlen wird (siehe auch Tabelle 5.1).

Tabelle 5.1: Benutzungshäufigkeit und Positionierung der Funktionen auf den verschiedenen Schnittstellen

Benutzungs- häufigkeit	Standgerät (Videorekorder)	Handgerät (Fernbedienung)	Menüsteuerung
Immer	offen und zentral, große Bedienelemente	im primären Greifbereich	Keine Position
Häufig	offen, aber seitlich und kleinere Bedienelemente	im sekundären Greifbereich	1. Menüebene
Gelegentlich	auf der Frontplatte unter einer Abdeckung oder vertieft	im peripheren Greifbereich oder verdeckt	2. Menüebene
Selten	Zweitbelegung einer offenen Taste, über „Shift“-Funktion aktivieren	Zweitbelegung einer offenen Taste, über „Shift“-Funktion aktivieren	3. Menüebene
Einmal	Geräterückseite	Keine Position	4. Menüebene

Das Ergebnis des *Benutzerschnittstellen-Wizard* ist das grobe Bedienkonzept für die gesamte Benutzerschnittstelle des Videorekorders, wie es in den vorigen Schritten erarbeitet wurde. Es wird zusammen mit den Positionierungsempfehlungen in alphabetischer Reihenfolge für jede Benutzerfunktion in einer Tabelle ausgegeben. Abbildung 5.6 zeigt im oberen Teil das Ergebnis

Funktion	Benutzungshäufigkeit	Anordnung auf dem Standgerät	Anordnung auf dem Handgerät	Anordnung in der Menusteuerung
Vorspulen_bis_Index	Funktion wird gelegentlich verwendet		Zweitbelegung einer offenen Taste, über 'Shift'-Funktion aktivieren <i>Shift-Vorspulen</i>	
		<div>Die Frontplatte des Standgeräts enthält 9 Tasten, davon 6 im zentralen Bereich 1 seitlich angeordnet 2 verdeckt / vertieft Auf der Geräterückseite befinden sich 2 Bedienelemente.</div> <div>Das Handgerät enthält 12 Tasten, davon 5 im primären Greifbereich 2 im sekundären Greifbereich 4 unter einer Abdeckung bzw. im peripheren Bereich sowie eine 'Shift'-Taste für 3 Tasten</div>		

Abbildung 5.6: Ausschnitte aus der Ergebnistabelle des *Wizard*: Benutzungshäufigkeit der Funktion *Vorspulen bis Index* und deren Anordnung auf den Benutzeroberflächen sowie die Belegung Oberflächen des Videorekorders und der Fernbedienung.

für die Benutzerfunktion *Vorspulen bis Index*.

In einer weiteren Tabelle ist aufgelistet, wie viele Bedienelemente an den verschiedenen Positionen auf den Benutzerschnittstellen angeordnet werden sollten (Abbildung 5.6, unterer Teil). Sie gibt auch an, wie viele Menüebenen benötigt werden und wie viele Menüpunkte die einzelne Ebene enthalten soll.

Die Tabelle besagt, dass auf der Rückseite des Videorekorders zwei Bedienelemente anzuordnen sind. Es handelt sich dabei um die Einstellung für den Display-Dimmer (*Dimmer Ein/Aus*) und für den Sendekanal¹, zwei Funktionen, die - falls sie überhaupt verändert werden müssen - beim ersten Aufstellen des Geräts eingestellt und nur vielleicht beim Anschluss an ein anderes TV-Gerät noch einmal angepasst werden. Auf der Fernbedienung aktiviert eine „Shift“-Taste² die Funktionen zum Vor- und Rückspulen bis zur nächsten Indexmarkierung³. Die Belegung von Tasten mit Zweitfunktionen, die über die Shift-Taste erreicht werden, ist in der oberen Tabelle in den Anmerkungen in kursiver Schrift (Abbildung 5.6) enthalten. Die Anzahl der Tasten auf der Fernbedienung ist mit nur 12 angegeben. Da der Ziffernblock ein Tastenverbund ist, wird er der Übersichtlichkeit halber als eine Taste gerechnet.

5.2.2 Umsetzung des Bedienkonzepts

Der Anwender des DEws muss jetzt aus dem mit Hilfe des *Benutzerschnittstellen-Wizard* entwickelten groben Bedienkonzept und den darin enthaltenen Empfehlungen die Benutzerschnittstellen erzeugen.

Die Umsetzung des Konzepts bleibt dabei seinem gestalterischen Können und seiner Phantasie überlassen. Das DEws soll ihn hierbei nur unterstützen und nicht einschränken.

Die Feingestaltung der Benutzeroberflächen erfolgt beispielsweise mit der *Prototypenentwicklungsumgebung* des DEws. Der Anwender kann auch zur Umsetzung erster Gestaltungsideen den *Baukasten* zur Hand nehmen und da-

¹Sendekanal: HF-Kanal, auf dem der Videorekorder an das Fernsehgerät sendet.

²Shift-Taste: auch „Umschalt“-Taste, dient zur Umschaltung auf eine seltener benutzte Zweitbelegung einer Taste.

³Indexmarkierung: Manche Videorekorder setzen bei Starten einer Aufnahme eine Indexmarkierung, die beim Spulen erkannt wird und den Spulvorgang unterbricht.

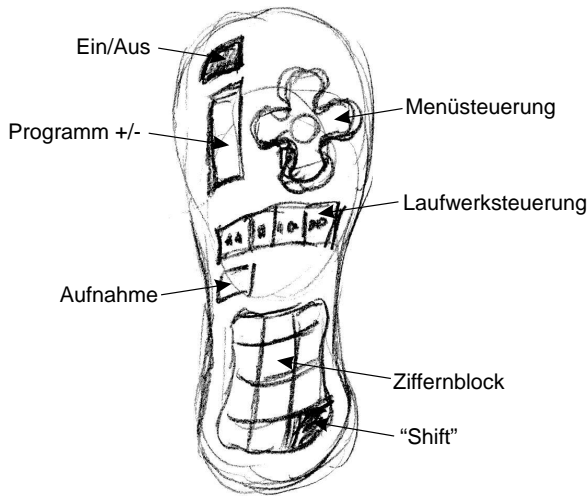


Abbildung 5.7: Handskizze der Fernbedienung: Die Laufwerksteuertasten und die Aufnahmetaste (vertieft) sind im primären Greifbereich angeordnet, die Tasten für Menü und „Programm +/-“ im oberen sekundären Greifbereich. Die seltener benötigten Zifferntasten und die „Shift“-Taste sind im unteren Teil der Fernbedienung platziert. Die Taste zum Einschalten des Videorekorders sitzt oben links, entsprechend der üblichen Anordnung auch der Frontplatte des Standgeräts. Das Gehäuse ist ergonomisch geformt, so dass die Tasten auch von Benutzern mit kleinen Händen bequem betätigt werden können.

mit eine Benutzerschnittstelle zusammenstellen oder die Geräte als Handskizzen in die *Simulationsumgebung* einbinden.

Die Fernbedienung zu dem Anwendungsbeispiel „Videorekorder“ wurde vom Autor zunächst als Handskizze (Abbildung 5.7) gezeichnet und danach in der *Prototypenentwicklung* erzeugt. Der Videorekorder und das Fernsehgerät sowie die Beschriftung der Fernbedienung wurden für dieses Beispiel unter *Corel*

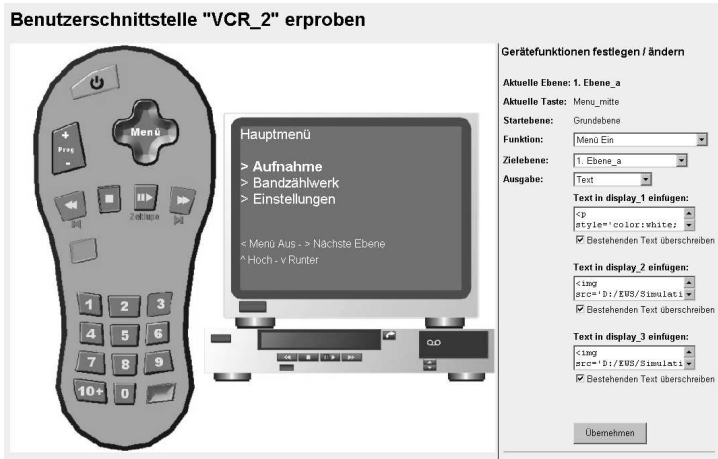


Abbildung 5.8: Der als Anwendungsbeispiel mit dem DEws entwickelte Videorekorder mit Fernbedienung (auf dem Bildschirm in Originalgröße) in der Simulationsumgebung. Auf dem TV-Gerät ist das Hauptmenü dargestellt.

Draw 9 gezeichnet. Außer den Empfehlungen des *Wizard* wurde auch das *Online-Regelwerk* bei der Gestaltung der Geräte berücksichtigt.

Abbildung 5.8 zeigt die Benutzerschnittstellen des Videorekorders in der Simulationsumgebung. Die Fernbedienung ist als wichtigstes Eingabegerät auf dem Bildschirm in Originalgröße dargestellt. Videorekorder und TV-Gerät entsprechen in der Größe ihrer Darstellung dem durchschnittlichen Abstand des Benutzers zum Gerät. Die wichtigsten Benutzerfunktionen „Play“, „Stop“, „Rückspulen“ und „Vorspulen“ (siehe Abbildung 5.5) sind auf der Fernbedienung im primären Greifbereich, der bei Einhandbedienung mit dem Daumen bequem zu erreichen ist⁴, angeordnet. In der Frontplatte des Videorekorders sind sie zentral und direkt unter dem Kassettenschacht platziert.

⁴Die Greifbereiche sind im *Online-Regelwerk* im Abschnitt über Handgeräte angegeben.

Die Tasten, die sich auf Fernbedienung und Standgerät befinden, sollten gleich angeordnet sein und die gleiche Beschriftung bzw. Symbolik aufweisen, um dem Benutzer des Geräts die Orientierung zu erleichtern. Diese Anordnungshinweise und -regeln sind im *Online-Regelwerk* in den Abschnitten über Hand- und Standgeräte enthalten. Die Taste zum Ein- und Ausschalten des Videorekorders wurde auf der Frontplatte und auf der Fernbedienung oben links angeordnet, da dies die Funktionszuordnung erleichtert. Bei den meisten Geräten der Unterhaltungselektronik, die heute angeboten werden, ist der Ein-/Aus-Taster so platziert.

Das Aktivieren der Menüsteuerung wird nicht über eine eigene Taste gesteuert, sondern ist in den Vierquadrantentaster zur Navigation im Menü integriert.

Zur besseren Zuordnung ist die „Shift“-Taste in der gleichen Farbe (blau) gehalten wie die Vor- und Rücklauftasten sowie die Beschriftungen bzw. Symbole für den Indexsuchlauf und die Zeitlupenfunktion unter den Tasten. Sie ist unten rechts neben dem Ziffernblock angeordnet, hebt sich aber durch einen größeren Abstand, eine andere Oberflächenform und eine andere Farbe von den Zifferntasten ab.

Die Aufnahme-Taste ist rot, konkav und versenkt, die Ein/Aus-Taste grün, konvex und erhaben. Um ein konsistentes Erscheinungsbild zu erhalten, wurden die Bedienelemente auf der Frontplatte in der gleichen Farbgebung ausgeführt.

Die taktile Orientierung auf der Fernbedienung wird dadurch erleichtert, dass zusammengehörende Tasten in der gleichen Oberflächenform ausgeführt sind (z.B. Zifferntasten konvex, „Shift“-Taste konkav). Auch die Abstände zwischen dem Ziffernblock und den Laufwerkssteuertasten unterstützen die Gruppierung. Sind die Benutzeroberflächen (Fernbedienung und Gerätefrontplatte) fertiggestellt, dann werden sie in eine Simulation eingebunden, um das Bedienkonzept und die Menüsteuerung zu implementieren.

Der Aufbau der Bedien- und Menüstruktur wird in der *Simulationsumgebung* ausgeführt. Die prinzipielle Vorgehensweise bei diesen Schritten ist in Abschnitt 4.3.3 detailliert beschrieben. Um dem Entwickler die Programmierung zu erleichtern, werden die im *Wizard* eingegebenen Namen der Benutzerfunktionen in die Simulation übernommen. Sie dienen hier als Ebenennamen.

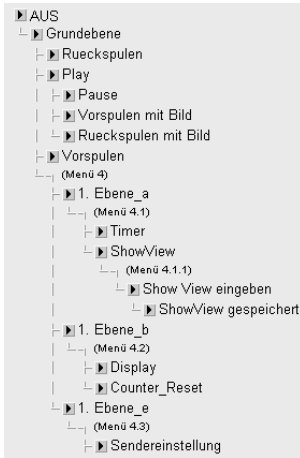


Abbildung 5.9: Ausschnitt aus der Bedien- und der Menüstruktur des Videorekorders, die in der Simulationsumgebung erzeugt wurde. Die Namen der Menüeinträgen entsprechen den Benutzerfunktionsnamen, die im *Wizard* eingegeben wurden.

Dadurch wird zum einen die Programmierung von Bedien- und Menüstruktur vereinfacht, zum anderen hat der Entwickler auch einen Überblick über die Vollständigkeit der Umsetzung des Konzepts. In Abbildung 5.9 ist ein Ausschnitt aus der Bedien- und Menüstruktur des Videorekorders dargestellt. Nach der Programmierung der Bedienfunktionen steht der virtuelle Videorekorder für Benutzertests zur Verfügung, in denen er weiteren Prüfungen hinsichtlich seiner Benutzerfreundlichkeit unterzogen werden kann.

5.3 Benutzertest

Aus den Aufgaben, die im Rahmen von Benutzertests bearbeitet werden, lassen sich in der Regel mehr Rückschlüsse auf die Bedien- und Menüstruktur ziehen, als auf Fehler im Layout der Benutzeroberfläche. Letztere werden im Anschluss an die Bearbeitung der Aufgabe noch durch den Fragebogen abgefragt. Die Ergebnisse der Benutzertests fließen dann wiederum in ein Redesign der Benutzerschnittstelle ein.

Benutzertests, bei denen die Testperson aufgefordert wird, eine Aufnahmetimerprogrammierung mit Hilfe von *ShowView* durchzuführen, ergaben, dass

der Bezug zwischen der Menüsteuertaste und den Bildschirmanzeigen unklar ist. Die Pfeile, die in der Menüsteuerung auf dem Bildschirm dargestellt sind (siehe Abbildung 5.8), wurden auch auf der Fernbedienung gesucht. Außerdem führte die Verwendung der nach rechts weisenden Pfeile (>) als Aufzählungszeichen für die Menüpunkte zur Irritation der Testpersonen.

Den Ergebnissen der Tests wurde durch Änderung der Beschriftung des Menüsteuerungstasters und Anpassung der Symbolik in der Menüsteuerung auf dem Bildschirm Rechnung getragen (Abbildung 5.10).

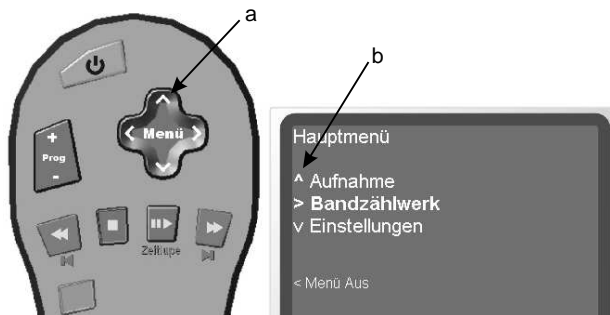


Abbildung 5.10: Die Symbolik auf dem Menüsteuerungstaster (a) und in der Menüsteuerung (b) wurde den Ergebnissen des Benutzertests angepasst. Dadurch wird der Bezug zwischen Benutzerschnittstelle und Bildschirmausgabe klarer.

6 Resümee

6.1 Zusammenfassung

In diesem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Forschungsprojekt wurde die Schnittstelle zwischen dem Menschen und Geräten der Unterhaltungselektronik hinsichtlich ihrer Benutzerfreundlichkeit und Seniorengerechtigkeit untersucht und Möglichkeiten zur Verbesserung erarbeitet.

Seniorengerechte und benutzerfreundliche Produkte und Benutzerumgebungen sind so gestaltet, dass sie von möglichst vielen und besonders älteren Menschen barrierefrei benutzt werden können. Änderungen am Gerät wie z.B. nachträgliche farbliche Kennzeichnung von Bedienelementen, um den Kontrast gegenüber dem Umfeld zu erhöhen, oder der Einsatz von Hilfsmitteln wie z.B. eine Lupe, um eine Beschriftung lesen zu können, sollten bei der Benutzung nicht nötig sein.

Dies bietet neben dem sozialen Gedanken auch ökonomische Vorteile: zum einen für den Hersteller, der ein weitaus größeres Marktsegment abdeckt, wenn er auch ältere Menschen zu seinen Kunden zählen kann, und zum anderen für diejenigen Kunden, die zuvor Geräte nur mit aufwendigen Hilfsmitteln oder gar nicht benutzen konnten. Sie können auf Massenware zu einem entsprechend günstigeren Preis zugreifen.

Geräte der Unterhaltungselektronik wie Videorekorder, Fernseher oder Hifi-Anlagen verwenden üblicherweise Fernbedienungen als Eingabekanal. Die Fernbedienung ist bei der heute üblichen Vielzahl an Einstellmöglichkeiten der Hifi-Geräte sehr kompliziert geworden.

Die Anzahl der Bedienelemente auf der Fernbedienung steigt mit der Zahl der Funktionen. Bei dem begrenzten Bauraum, den ein Handgerät bietet, führt das zu immer kleineren und enger zusammenstehenden Tasten und Beschriftungen.

Bei den Ausgabekanälen ist die visuelle Rückmeldung über Menüs auf dem Display oder Bildschirm für den Aspekt der Benutzerfreundlichkeit am bedeutendsten. Die meist eingesetzten Displays sind aber kontrastschwach und die Menüführungen umständlich und verwirrend.

Durch diese Mängel der Mensch-Geräte-Schnittstelle können viele ältere Menschen die Geräte nicht mehr benutzen, weil altersbedingte sensorische, motorische und kognitive Einschränkungen für große, oft nicht zu überwindende Bedienungsprobleme sorgen.

Allerdings ist die Schuld dafür nicht beim Benutzer zu suchen, sondern bei dem zu bedienenden Gerät und seiner mangelhaften Benutzerfreundlichkeit.

Die Hauptursache für die mangelhafte Benutzerfreundlichkeit von Mensch-Geräte-Schnittstellen ist, dass der Entwickler das Gerät dadurch, dass er es entwickelt hat, genau kennt und damit aus einem völlig anderen Blickwinkel als der Benutzer sieht. Dazu kommt noch, dass der Entwickler in der Regel jünger ist als der Benutzer und deshalb mit winzigen Bedienelementen oder Beschriftungen zurecht kommt, die für ältere Menschen nicht zu handhaben bzw. zu entziffern sind.

Um diese Kluft zwischen Entwickler und Benutzer zu überbrücken, wurden Regeln für *Benutzerfreundliches Design* aufgestellt und in Regelwerken (z.B. *Sensi*-Regelwerk [81]) gesammelt. Basierend auf diesen Regelwerken, wurde in dem vorliegenden Forschungsprojekt ein Entwicklungssystem erstellt, das dem Entwickler beim Design von benutzerfreundlichen Mensch-Geräte-Schnittstellen als Konstruktionshilfsmittel dienen soll. Das System besteht aus folgenden Hauptkomponenten, die miteinander verknüpft sind:

- **Online-Konstruktionsregelwerk:** Im Zentrum des DEws steht eine Wissensdatenbank für Benutzerfreundliches Design. Der Zugriff auf die Datenbank erfolgt über eine interaktive Benutzerschnittstelle, die - um intuitiv bedienbar zu sein - als Internetseite aufgebaut wurde.

In dem Regelwerk sind Gestaltungsregeln und Beispiele für den Entwickler von Benutzerschnittstellen enthalten. Die Regeln bezieht sich primär auf Handgeräte wie Fernbedienungen, aber auch auf das Design von Gerätefrontplatten, Gestaltung von Bedienelementen und Anzeigen sowie Menüführungen.

- **Simulationsumgebung:** Die Simulationsumgebung dient dazu Benutzerschnittstellen mit Geräte- bzw. Menüsteuerungsfunktionen zu versehen und Bedienkonzepte in Benutzertests auf Funktion und Benutzerfreundlichkeit zu prüfen.
- **Benutzerschnittstellen-Wizard:** In der Simulationsumgebung ist mit dem *Benutzerschnittstellen-Wizard* auch ein Hilfsmittel zur systematischen Entwicklung von benutzerfreundlichen Bedienkonzepten enthalten.
- **Prototypenentwicklungsumgebung:** Das DEws beinhaltet eine Entwicklungsumgebung, in der Benutzerschnittstellen in einem CAD-Programm mittels spezieller „Markros“ erstellt werden können. Dadurch wird dem Entwickler die Möglichkeit gegeben, schnell einen funktionsfähigen Prototypen herzustellen, der in der Praxis erprobt und bewertet werden kann.
- **Bewertungssystem:** Das DEws ist mit einem Bewertungssystem ausgestattet, mit dessen Hilfe Benutzerschnittstellen in der Prototypen- und der Simulationsumgebung automatisch unter Verwendung der Konstruktionsregeln auf ihre Benutzerfreundlichkeit überprüft und bewertet werden können.

6.2 Kritische Betrachtung

Die für dieses Projekt gesetzten Ziele (siehe auch Abschnitt 1.5 auf Seite 13) konnten durch die Erschaffung des *Darmstädter Entwicklungssystems für benutzerfreundliche Geräte der Unterhaltungselektronik* (DEws) erreicht werden.

- Benutzerfreundliche Mensch-Geräte-Schnittstellen
- Erkennung und Beseitigung der Mängel
- Sensibilisierung des Entwicklers
- Vermeidung von Mängeln durch eine Unterstützung des Entwicklers
- Vermeidung von zusätzlichem Zeit- und Kostenaufwand durch die Unterstützung

- Keine Einschränkung des Designers in seiner gestalterischen Freiheit
- Benutzerfreundliche Unterstützung

Durch Einsatz der Simulationsumgebung und hier speziell der Bewertungssoftware lassen sich Mängel an Benutzerschnittstellen leicht erkennen. Der Entwickler erhält durch direkte Verknüpfung der Bewertungsergebnisse mit dem Regelwerk Hinweise zur Beseitigung der Mängel. Bei Verwendung dieser Hilfestellungen wird er auch für die Bedienungsprobleme der Benutzer sensibilisiert. Weitere Sensibilisierung erfährt er durch die Bearbeitung des Fragenkatalogs, der ihm ermöglicht, das Gerät aus Sicht des älteren Menschen zu sehen.

Die systematische Vorgehensweise beim Einsatz des *Benutzerschnittstellen-Wizard* beschleunigt den Konstruktionsprozess für Mensch-Geräte-Schnittstellen und ist dadurch attraktiv für den Entwickler, d.h. die Wahrscheinlichkeit, dass dieses interaktive System eingesetzt wird, ist größer als bei den rein passiven Regelwerken. Letztere verlangsamten den Entwicklungsprozess, wenn der Anwender in den Regeln nachschlagen und suchen muss, was häufig dazu führt, dass die Regelwerke nicht verwendet werden.

Das DEws jedoch unterstützt primär den Entwickler beim Gestaltungsprozess und hilft ihm zusätzlich, das Gerät auch benutzerfreundlicher zu gestalten, ohne dass der Arbeitsaufwand vergrößert und ohne dass er in seiner Kreativität beschränkt würde.

Mit dem Online-Konstruktionsregelwerk des DEws konnte eine flexible und nahezu unbegrenzt erweiterungsfähige Wissensdatenbank geschaffen werden, die durch ihre Internetfähigkeit einer beliebigen Zahl von Nutzern frei zur Verfügung steht. Die Benutzeroberfläche wurde so gestaltet, dass der Datenzugriff selbst auch benutzerfreundlich und schnell erfolgen kann.

Einzigste Einschränkung bei den Javascript-basierten Teilen des DEws ist, dass nur der *Microsoft Internet-Explorer* ab Version 5.0, einer der am meisten verbreiteten Internet-Browser, das Regelwerk anzeigen kann; eine für den *Netscape Navigator* geeignete Version konnte aufgrund des zusätzlichen Aufwands nicht in dem von der DFG unterstützten Zeitraum realisiert werden.

Die Prototypenentwicklungsumgebung ist durch die Programmierung in *VisualLisp* auf die Verwendung unter *AutoCAD 2000* ausgelegt. Dadurch besteht eine hohe Kompatibilität zu *3D StudioMax* einem unter Designern weit

verbreiteten Programm zum Gestalten von Objekten. Anwender anderer CAD-Programm können nicht mit der Prototypenentwicklung arbeiten, aber die übrigen Komponenten des DEws nutzen.

Das DEws wurde bereits von potentiellen Anwendern - Entwicklungsingenieuren - getestet und deren Kritik und Anregungen in das System eingearbeitet. Weitere Tests erfolgten durch Studenten im Rahmen einer Vorlesung.

Um das System noch besser an die Anforderungen der Entwickler anzupassen, sollten noch weitere Untersuchungen dieser Art erfolgen. Anwendertests lassen sich unter Einsatz des Internets leicht durchführen, weil die Testperson an ihrem Arbeitsplatz mit dem DEws arbeiten kann.

Anregungen und Verbesserungsvorschläge könnten dann mit Hilfe eines Online-Fragebogens, wie er bei den Benutzertests in der Simulationsumgebung zum Einsatz kommt, gesammelt und in das DEws eingearbeitet werden, die dann wiederum dem Anwender im Internet zu Verfügung steht. Dadurch lässt sich ein kontinuierlicher Weiterentwicklungsprozess erreichen.

Besonders das Online-Regelwerk könnte dabei immer auf dem neusten Stand gehalten und eventuelle Fehler ausgebessert werden. Eine solche Wissensbasis ist wie z.B. auch das *Handbuch der Ergonomie* einem stetigen Verbesserungs- und Anpassungsprozess unterworfen; Internet-Anwendungen wie das DEws bieten die Möglichkeit wesentlich verkürzter Überarbeitungszyklen.

Es war in diesem Projekt nicht vorgesehen, umfangreiche eigene Benutzertests und Untersuchungen mit der eigentlichen Zielgruppe - den Senioren - durchzuführen. Solche Untersuchungen sind für die Erweiterung der Wissensdatenbank zu empfehlen, da auch die Gewohnheiten, Anforderungen und Fähigkeiten der Senioren einem steten Wandel unterliegen.

Während sie vor wenigen Jahren noch zufrieden waren, ein Fernsehgerät bedienen zu können, so ist heute die Zahl der Senioren, die einen PC oder ein Mobiltelefon besitzen und auch nutzen wollen, angestiegen. Auch diesem gesteigerten Interesse an moderner Technik, dem Internet und Multimedia-Anwendungen muss in den Gestaltungsregeln für *Benutzerfreundliches Design* Rechnung getragen werden.

Anhang A

Glossar

ASCII: „American Standard Code for Information Interchange“ - wurde zur Datenübertragung mittels Telex entwickelt. Für jedes Zeichen gibt es einen Zahlencode, der es ermöglicht, zwischen verschiedenen Systemen Texte auszutauschen.

Bedienkonzept: Zu einem Bedienkonzept gehören alle Vorgänge und Vorgehensweisen, die zum Umgang mit dem Gerät erforderlich sind.

Das Bedienkonzept beinhaltet Menüsteuerungen, aber auch Tastenbelegungen und die Zusammenhänge zwischen den Bedienungsschritten und Gerätereaktionen.

Dichotisches Hören: ist die Fähigkeit, verschiedene Sprachinformationen, die gleichzeitig auf beiden Ohren eintreffen, unterscheiden und verstehen zu können.

Sie wird mit dem *Feldmann-Test* (dichotic discrimination score) überprüft, einem sogenannten „dichotischer Diskriminationstest“, bei dem simultan Testwortpaare auf einem Kopfhörer erkannt werden müssen.

EEPROM: „Electrically Erasable Programmable Read Only Memory“ - Elektronisch beschreibbarer und löschbarer Festpeicher.

Fitt's Gesetz: Die Zeit (T), um die Hand zu einem Ziel zu bewegen, hängt logarithmisch vom Verhältnis zwischen der Zielentfernung (D) und der Zielgröße (S) ab ($k \sim 100 \text{ ms}$):

$$T = k \cdot \ln\left(\frac{D}{S} + \frac{1}{2}\right) \quad (\text{A.1})$$

Fitt's Gesetz wird hauptsächlich für das Benutzeroberflächendesign bei (zeitkritischen) Software-Anwendungen eingesetzt. Optimal sind nach Fitt große Tasten mit geringen Abständen. (nach [11]).

Geriatric: (Altersheilkunde) der medizinische Teil der Gerontologie. Sie dient zur Umsetzung gerontologischer Erkenntnisse in der medizinischen Praxis.

Gerontologie: (Altersforschung) Wissenschaft, die sich mit dem Altwerden und Altsein befasst, besonders in Hinblick auf biologische, psychische, personale, soziale, kulturelle, philosophische und theologische Aspekte.

haptisch: [gr.: „greifbar“]: den Tastsinn betreffend

Hick's Gesetz: gibt an, wie viel Zeit (T in ms) für das Auswählen von einem aus n alternativ angebotenen Elementen benötigt wird. Bei gleicher Auswahlwahrscheinlichkeit aller Elemente, gilt

$$T > \ln(n + 1) \quad (\text{A.2})$$

„Eine interessante Folge dieses Gesetzes: Es ist in der Regel schneller, ein Element aus einem großen Menü auszuwählen, als es aus einer Menühierarchie auszuwählen, wenn alle Menüpunkte gleich wahrscheinlich sind.“ [11]

HTML: *Hyper Text Markup Language* - Internet-gerechte Form eines mit Hypertext-Technologie (aktive Querverweise) verfassten Dokumentes. Es ermöglicht die Einbindung von Komponenten wie Grafik, Video und Internet-Diensten.

Icon: Icons sind Piktogramme, kleine Bildelemente, die bei grafischen Benutzeroberflächen als bildliche Ergänzung eingesetzt werden und über die man beispielsweise Programme aufrufen kann.

(Definition nach <http://www.glossar.de/>)

Javascript: eine Scriptsprache zur Steuerung von HTML-Dokumenten.

kinästhetisch: auch propriozeptive Sensibilität; Teil der haptischen Wahrnehmung, mit dem die Stellung und Bewegung des menschlichen Körpers sowie Muskelkräfte über Sinneszellen in Muskeln, Sehnen und Gelenken wahrgenommen werden. (nach [28])

Künstliche Intelligenz: Software, die in der Lage ist, menschliche Intelligenz zumindest teilweise nachzuahmen.

Makro: Wiederholt auftretende Arbeitsabläufe werden zusammengefasst und als Programmstück abgespeichert. Bei Bedarf werden sie durch Betätigen einer Tastenkombination oder einer Schaltfläche abgerufen.

Partizipative Gestaltung: „Entwurfsmethode im Design, bei der der spätere Nutzer schon von Anfang an in den Gestaltungsprozess intensiv mit einbezogen wird. Neben der Beobachtung und Befragung sind dabei Nutzertests von Probeaufbauten und Modellen unentbehrlich. Sie nehmen weitreichenden Einfluss auf Ideenfindung und Entwurf. Denn Modifizierung des Entwurfs und dessen Test erfolgen im steten Wandel (iteratives Vorgehen).“ aus [35]

pdf: *PortableDocumentFormat* - stark komprimiertes Datenformat für Dokumente, die nicht bearbeitet werden sollen; im Internet sehr verbreitet.

Presbyakusis: Altersschwerhörigkeit; engl.: presbycusis; presbyacusis physiol. Innenohrschwerhörigkeit mit zunehmendem Hörverlust für die hohen Frequenzen [68]

Rendering: [engl.: „Übersetzung“ oder „Übertragung“]: Im CAD- und Grafikbereich versteht man darunter die optische Aufwertung eines dreidimensionalen CAD-Modells mittels computerunterstützter Prozesse / Algorithmen.

Sehschärfe: Nach [68]: „Fähigkeit zur Unterscheidung von Einzelheiten im Gesichtsfeld als Maß des Auflösungsvermögens des Auges (dessen untere Grenze, die Trennschärfe, als Minimum separabile bezeichnet wird). Ist am größten im Bereich der Fovea centralis (zentrale S.), geringer in der Netzhautperipherie; als normal gilt ein zentrales Minimum visibile von 1 Bogenminute. Als Sehschärfe i.e.S. die korrigierte S. (Visus

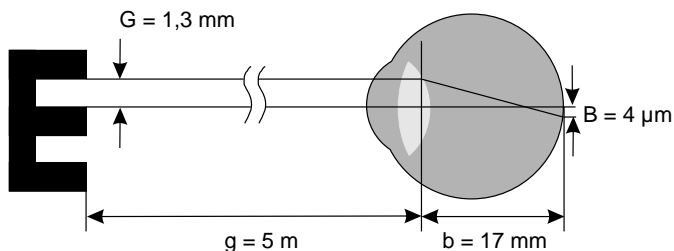


Abbildung A.1: Bestimmung der Sehschärfe: die Bildgröße (B) verhält sich zur Gegenstandsgröße (G) wie die Bildweite (b) zur Gegenstandsweite (g). Die Sehproben sind so angelegt, dass sie aus der angegebenen Entfernung auf der Netzhaut eine Bildgröße von ca. $4\ \mu\text{m}$ ergeben [68]

cum correctione), d.h. die bei Anw. optimal korrigierender Brillengläser. Wird bestimmt mit Hilfe von Sehproben in $5 - 6\text{ m}$ Entfernung, d.h. bei Ausschluss der Akkommodationsimpulse (siehe Abbildung A.1); wird bei Anw. der internationalen Sehproben angegeben als Dezimalbruch von $0,1 - 1,5$, bei SNELLEN Tafel als $\frac{d}{D}$ (d, D = Entfernung, in der die Sehzeichen erkannt wurden bzw. hätten erkannt werden müssen, da die Balkenbreite der Optotypen 1 Bogenmin. beträgt).“

Sentha: *Seniorengerechte Technik im häuslichen Alltag* - An der Sentha-Forscherguppe sind die TU Berlin das Berliner Institut für Sozialforschung, das Deutsche Zentrum für Altersforschung in Heidelberg, die Universität der Künste Berlin, die Brandenburgisch Technische Universität Cottbus und das Zentrum Technik und Gesellschaft der TU Berlin beteiligt. Die Gruppe beschäftigt sich mit „der empirischen Untersuchung der speziellen Anforderungen älterer Menschen an Produkte des häuslichen Alltags“ und der Entwicklung von Produkten, die diesen Ansprüchen besser gerecht werden (nach <http://www.sentha.tu-berlin.de/>); Literatur zum *Sentha*-Projekt: [20, 35, 62, 79, 80].

Sensi: „Der Begriff „Sensi“ ist eine Wortkombination aus **Senioren** und **sicher**, wobei der Aspekt der Sicherheit einerseits in seiner ursprünglichen Bedeutung zu verstehen ist; also keine Gefährdung des Anwenders, anderer Personen und des Geräts. Andererseits ist zu gewährleisten, dass die zur Bedienung des Geräts notwendigen körperlichen und geistigen Tätigkeiten „mit Sicherheit“ von älteren Menschen ausgeführt werden können.“ Aus den Vorbemerkungen zum *Regelkatalog Sensi-Geräte* [81].

ShowView: ShowView dient zur vereinfachten Programmierung von Videorekordern, um Sendungen aus dem TV-Programm aufzunehmen. Dazu ist in Programmzeitschriften ein drei- bis neunstelliger Zahlencode abgedruckt, der anstelle von Start-, Stopzeit und Programmnummer eingegeben wird.

Site: Englisch für Ort, Standort oder (Ausgrabungs-) Stätte; Im Zusammenhang mit dem Internet wird mit „Site“ ein komplettes Web-Angebot bezeichnet, das aus mehreren Seiten besteht.
(Definition nach <http://www.glossar.de/>)

VisualBasic: eine objektorientierte Programmiersprache.

Anhang B

Altern

B.1 Formen des Alterns

- **Differentielles Altern:** interindividuelle Unterschiede beim Altern.
- **Pathologisches Altern:** Im Gegensatz zum normalen Altern Funktionsseinbußen durch Krankheit.
- **Normales Altern:** Gesundes Altern, mit normalen nicht krankheitsbedingten Alterserscheinungen (z.B. Haarausfall, Falten).
- **Erfolgreiches Altern:** (auch optimales Altern:) Möglichst langes Leben bei weitestgehend erhaltener psychischer und physischer Gesundheit. Erfolgreiches Altern bedeutet nicht frei sein von Altersveränderungen, sondern Ziele anzustreben und die Stärken und Schwächen des Alters zu akzeptieren.

B.2 Altersbedingte Beeinträchtigungen

Aufgrund struktureller Veränderungen des Körpers und des Organismus durch den Alterungsprozess, ist die Leistungsfähigkeit des Menschen im Alter eingeschränkt. Diese *altersbedingten Beeinträchtigungen* können den Benutzer tech-

nischer Einrichtungen in deren Bedienung behindern und müssen daher bei der Gestaltung benutzerfreundlicher und seniorengerechter Geräte berücksichtigt werden.

Nicht alle der im Folgenden beschriebenen *altersbedingten Beeinträchtigungen* treten bei jedem Menschen auf, aber die Auftrittswahrscheinlichkeit steigt mit zunehmendem Alter.

Der Abschnitt über die *altersbedingten Beeinträchtigungen* ist wie im *Sensi-Regelwerk* [81] und im *Online-Konstruktionskatalog* nach Sinnen, Körper und Geist strukturiert und stellt eine Zusammenfassung der dort wiedergegebenen Informationen dar.

B.2.1 Sinne

Im Alter lassen alle Sinnesorgane in ihrer Leistungsfähigkeit nach (polymodale sensorische Einschränkung), so dass der Verlust eines Sinnes nicht durch Verstärkung eines anderen - wie bei Blinden - kompensiert werden kann. Da der Mensch seine Umwelt und damit auch ein zu bedienendes Gerät über die Sinnesorgane wahrnimmt, ist er im Alter in seinen Handlungen und in der Bedienung von Geräten stark eingeschränkt. Da sich der Sinn nicht mehr verstärken lässt, muss die der Gestaltung einer Benutzeroberfläche darauf geachtet werden, dass der Sinneseindruck verstärkt wird, z.B. durch deutliche Konturen und Formen oder große kontrastreiche Beschriftungen.

Sehen Das Auge hat eine verminderte Sehschärfe und einen erhöhten Lichtbedarf. Letzterer kann durch Erhöhen der Leuchtdichte kompensiert werden. Bei erhöhter Leuchtdichte lassen sich Gegenstände klarer erkennen. Allerdings ist zu beachten, dass im Alter die Blendempfindlichkeit höher ist und es bei zu hoher Leuchtdichte zu Blendwirkung kommen kann. Diese steigende Empfindlichkeit beginnt bereits etwa mit dem 40. Lebensjahr.

Auch die Geschwindigkeit, mit der sich das Auge an veränderte Verhältnisse anpasst, verringert sich. So ist eine längere Gewöhnungszeit beim Wechsel von einem hell erleuchteten in einen schwach beleuchteten Raum notwendig und auch die Zeit, bis ein Objekt scharf gesehen wird, verlängert sich.

Da sich die Linse mit zunehmendem Alter verhärtet, fällt es dem Auge schwerer, die Linsenkrümmung der Entfernung des betrachteten Gegenstandes anzupassen. Dadurch kommt es zu einer nachlassenden Akkomodationsbreite und größerer Nahpunkt-Distanz, dieser Effekt wird auch Altersweitsichtigkeit genannt. Sie beginnt schon ab dem 45. Lebensjahr und äußert sich, indem sich der Nahpunkt, d.h. der minimale Abstand, bei dem ein Objekt bei größtmöglicher Akkomodation des Auges noch scharf gesehen werden kann, weiter entfernt als der übliche Leseabstand von 33 cm. Die Altersweitsichtigkeit kann durch eine Lesebrille mit konvexer Linse ausgeglichen werden.

Die Alterung der Linse führt auch zu einer gelblichen Verfärbung und damit zu einer schlechteren Farbwahrnehmung. Licht aus dem blau-violetten Bereich des Farbspektrums wird stärker absorbiert. Gelb, Rot und Orange können besser unterschieden werden als Blau und Violett.

Hören Die Hörfähigkeit wird durch die Altersschwerhörigkeit (Presbyakusis) eingeschränkt. Die Betriebsgeräusche der Geräte werden nicht oder nur undeutlich wahrgenommen und können somit nicht als Informationsquelle dienen. Bei Männern können sich diese Erscheinungen ab dem 32., bei Frauen ab dem 37. Lebensjahr bemerkbar machen. Deutliche Presbyakusis tritt ab dem 70. Lebensjahr und gravierende Störungen des Sprachverstehens ab dem 90. Lebensjahr auf.

Die Altersschwerhörigkeit betrifft das Hören von Tönen höherer Frequenzbereiche am stärksten, der Hörverlust geht aber mit zunehmenden Schalldruckpegel zurück. Bei akustischen Rückmeldungen oder Signaltönen ist deshalb darauf zu achten, einen weiten Frequenzbereich abzudecken und eine Lautstärkeanpassung zu ermöglichen.

Auch die Fähigkeit Störgeräusche herauszufiltern, um beispielsweise einem Gespräch zu folgen, lässt mit dem Alter (ab ca. 50 Jahren) nach und kann auch durch Einsatz eines Hörgeräts nur mangelhaft ausgeglichen werden.

Während die zunehmende Unempfindlichkeit auf höhere Frequenzen auf das Absterben von Hörzellen zurück zu führen ist, wird die Beeinträchtigung der Sprachwahrnehmung wahrscheinlich durch Veränderungen im Gehirn verursacht.

Tastsinn Der Tastsinn nimmt in seiner Empfindlichkeit ab, aber nicht so stark wie die Sehfähigkeit, kann also in gewissem Maß eine verminderte Sehfähigkeit kompensieren. Nur bei 25% der alten Menschen wurde eine stark verminderte taktile Sensitivität festgestellt, die jedoch auf eine vaskuläre Erkrankung (Erkrankung der Blutgefäße) zurückzuführen ist.

Dennoch nimmt die Anzahl der funktionierenden Meißnerschen Tastkörperchen vom 30. Lebensjahr an ab.

B.2.2 Körper

Die Einschränkungen von Kraft, Feinmotorik und Beweglichkeit sind hauptsächlich auf Verschleiß an Gelenken zurück zu führen.

Arthrose, Rheuma oder Gicht sind weit verbreitete Krankheiten im Alter und können deshalb in Abweichung zu dem bereits in Abschnitt 1.3.2 auf Seite 6 beschriebenen Modell vom „ganz normalen älteren Menschen“, der frei von Krankheiten ist, nicht vernachlässigt werden.

Kraft Besonders, wenn eine Angriffsfläche klein oder glatt ist, wird das Aufbringen der nötigen Greifkräfte im Alter zu einem Problem. Oft müssen dazu mehrere Finger oder beide Hände eingesetzt werden.

Nach Untersuchungen, die von Bokranz und Landau [14] beschrieben werden, sinkt die Muskelkraft bis etwa zum Rentenalter auf 80% der Maximalkraft in jugendlichem Alter, während die Dauerleistungsfähigkeit der Muskeln ab dem 20. Lebensjahr praktisch konstant bleibt.

Die Muskelkraft hängt ab von der verfügbaren Menge Testosteron. Da mit zunehmendem Lebensalter weniger Testosteron vorhanden ist, nimmt auch die Muskelkraft und die Trainierbarkeit der Muskeln ab. Weiterhin vermindert sich die Fähigkeit zur Milchsäurebildung durch die Abnahme der weißen Muskelfasern in der Skelettmuskulatur. Dies gilt als Hauptursache für die Leistungsverluste bei der Muskelimpulskraft.

Feinmotorik Die Feinmotorik wird z.B. durch Zittern, mangelnde Beweglichkeit der Gelenke und nachlassenden Tastsinn von Fingern und Händen ein-

geschränkt. Kleine oder in zu geringem Abstand angeordnete Bedienelemente können nicht fehlerfrei oder nur mit Mühe betätigt werden.

Die zur Bedienung des Gerätes eingenommene Haltung kann nur schwer beibehalten werden, denn die belasteten Muskeln ermüden schnell und beginnen zu zittern.

Ursachen dafür sind, eine Verminderung des Wassergehaltes in Körpergewebe, Muskeln, Sehnen, Bändern, Knochen und Knorpeln sowie die bereits erwähnten rheumatischen Erkrankungen (Arthrose, rheumatischen Arthritis, Gicht).

Bei der Arthrose entstehen Schmerzen durch Verschleiß des Knorpels in den Gelenken. Die Ursache der rheumatische Arthritis, einer bleibenden Entzündung der Gelenke, die bereits ab dem 30. - 40. Lebensjahr auftritt, ist noch ungeklärt. Die Gicht ist eine Stoffwechselkrankheit, die chronisch oder in Anfällen verlaufen kann.

B.2.3 Geist

Der Geist bzw. das Gehirn verarbeitet die sensorischen Eingangssignale und erzeugt aus diesen Informationen sowie dem gespeicherten Wissen und der Erfahrung gegebenenfalls eine motorische Reaktion. Dies wird psycho- oder sensomotorische Leistung genannt. Die aus einer Aktion gewonnenen neuen Erfahrungen werden ebenfalls als neue oder veränderte Verhaltensmuster gespeichert.

Die kognitive Leistungsfähigkeit oder Intelligenz ist zusammen mit den sensorischen und körperlichen Fähigkeiten ein entscheidender Faktor für die Qualität der sensomotorischen Leistungen des Menschen. Zu den kognitiven Fähigkeiten gehören:

- Gedächtnis
- Informationsaufnahme und -verarbeitung
- Reaktionsgeschwindigkeit
- Koordinationsvermögen

Bei der kognitiven Leistung wird zwischen der *flüssigen* und der *kristallisierten* Intelligenz unterschieden.

- **Flüssige Intelligenz:** (auch mechanische I. oder *speed*) ist die Fähigkeit, neue - vom vorhandenen Wissen unabhängige - kognitive Probleme zu lösen. „Die flüssige Intelligenz wird als die grundlegende, neuronal verankerte Lern- und Leistungskapazität angesehen.“ [81] Die hängt durch ihre starke Bindung an die neuronalen Strukturen von der Kapazität des Gehirns ab. Die flüssige I. nimmt im Alter ab, was sich besonders in der Fähigkeit zur Anpassung an neue Situationen und in der Umsetzung und Verarbeitung von Informationen zeigt.
- **Kristallisierte Intelligenz:** (auch pragmatische I. oder *power*) beinhaltet die im Lauf des Lebens erworbenen Erfahrungen, Fähigkeiten und das Wissen. Sie ist im Gegensatz zur flüssigen I. nicht so stark mit den neuronalen Strukturen des Gehirns verknüpft und dadurch weniger abhängig von der Gehirnkapazität. Die kristallisierte I. bleibt bis ins hohe Alter erhalten und kann bei entsprechendem Training noch ansteigen. Verluste an kristallisierter I. sind auf Krankheiten zurück zu führen.

Informationsverarbeitung Mit zunehmendem Alter sinkt die Menge der Informationen, die gleichzeitig verarbeitet werden kann, und die dafür benötigte Zeit wird länger. Dies zeigt sich vor allem bei zeitkritischen Prozessen, die einer kognitiven Leistung bedürfen. Der Umfang der durch die Bedienung eines Geräts verursachten Sinnesreize muss daher so gering wie möglich gehalten werden und zu einem möglichst geringen Verarbeitungsaufwand führen.

Das Aufnehmen, Abspeichern und erneute Aufrufen von Informationen dauert beim älteren Menschen länger bzw. ist beeinträchtigt. Dies hängt mit einer verminderten Leistungsfähigkeit des Kurzzeitgedächtnisses aufgrund schwächerer Durchblutung des Gehirns und Verringerung des Erregungszustandes der Gehirnzellen zusammen.

Nicht zuletzt tragen auch die bereits beschriebenen sensorische Einschränkungen und die damit zusammenhängenden, schwerer zu entschlüsselnden Sinnesreize zu einer verschlechterten Informationsverarbeitung bei.

Gedächtnis Die Bedienungsweise eines neuen Geräts kann nur langsam erlernt werden und es fällt schwer, schon früher erlernte Verhaltensmuster auf

die Bedienung des neuen Geräts umzusetzen.

Die heutige Gedächtnisforschung unterteilt das Gedächtnis in einen sensorischen Speicher, einen Kurzzeit- und Langzeitspeicher. Information wird zunächst im sensorischen Speicher für nur etwa drei Sekunden gehalten und geht verloren bzw. wird überschrieben, wenn sie nicht innerhalb dieses Zeitraums in den Kurzzeitspeicher transportiert und dort weiterverarbeitet wird. Während der Weiterleitung in den Kurzzeitspeicher findet eine durch Aufmerksamkeit (Konzentration auf wesentliche Reize, meist unterbewusst) steuerbare selektive Reduktion der Informationen aus dem sensorischen Speicher statt, um den Kurzzeitspeicher nicht zu überlasten.

Im Kurzzeitspeicher wird die Information organisiert und strukturiert und in den Langzeitspeicher übertragen. Der Kurzzeitspeicher wird auch Arbeitspeicher genannt, da er außer der Verarbeitung neuer Informationen und Weiterleitung in den Langzeitspeicher auch das Abrufen von gespeicherten Informationen aus dem Langzeitspeicher vornimmt. Während im Kurzzeitspeicher nur eine begrenzte Menge an Informationen zwischengespeichert werden kann, besitzt der Langzeitspeicher eine praktisch unbegrenzte Kapazität. Informationen im Langzeitspeicher werden in der Regel nicht gelöscht.

Im Alterungsprozess bleiben die Kapazitäten des sensorischen und des Kurzzeitspeichers im wesentlichen unverändert. Allerdings läuft die Informationsverarbeitung und die Ver- bzw. Entschlüsselung langsamer ab. Dieser Vorgang wird als Verringerung der flüssigen Intelligenz bezeichnet.

Reaktion Die Reaktionsdauer auf Reize von außen ist beim älteren Menschen meistens länger und seine Reaktionsgeschwindigkeit verringert sich bei komplexen Anforderungen. Die Reaktionsgeschwindigkeit nimmt zwischen dem 20. und 60. Lebensjahr stetig um ca. 13% - 20% ab.

„Zwischen dem 20. und 96. Lebensjahr nimmt die Reaktionszeit bei einfachen auditiven Anforderungen um ca. 0.6 ms pro Jahr zu, bei disjunktiven (2-Möglichkeiten: reagieren oder nicht) Anforderungen um ca. 1,5 ms pro Jahr. Bei höheren Anforderungen steigen diese Werte weiter an (z.B. bei einem 4-Möglichkeiten Test um ca. 3 ms pro Jahr). Der Umgang mit elektrischen Geräten stellt eine weitaus komplexere Aufgabe dar. Setzt man die Bedienung ei-

nes elektrischen Gerätes mit einer Aufgabe gleich, die aus drei 4-Möglichkeiten Elementen besteht, so ergibt sich eine Zunahme der Reaktionszeit um 9 ms pro Jahr. Ein 70 Jähriger würde demnach bei der Bedienung dieses Gerätes 450 ms langsamer reagieren als im Alter von 20 Jahren (Mittelwerte).“ [81].

Koordination Die Koordination mehrerer Bedienvorgänge, die schnell hintereinander oder gleichzeitig ausgeführt werden müssen, ist eingeschränkt. Außerdem ist die Empfindlichkeit gegenüber Störungen bei Reizüberflutung, Ablenkungen und Irritationen erhöht. Auch die Fähigkeit zur feinmotorischen Koordination beidhändiger Bewegungen ist wegen nachlassender flüssiger Intelligenz und daraus folgender Verlangsamung geistiger Prozesse und verlangsamter Reaktion eingeschränkt.

Anhang C

Die Rückstellfeder

Die Rückstellfeder wird wegen ihrer Kraft-Weg-Kennlinie auch „Schnappscheibe“ genannt und ist zusammen mit dem Tastenmaterial der wichtigste Faktor für den haptischen Eindruck bei der Betätigung einer Taste.

Eine deutliche haptische Rückmeldung ist durch eine zunächst ansteigende Kennlinie (linear oder progressiv) erreicht, die beim Überschreiten der Maximalkraft steil nach unten abfällt („Schaltknacks“) und mit dem Endanschlag der Taste wieder praktisch senkrecht ansteigt (Abbildung C.1 links). Durch das Abknicken der Kennlinie wird der haptische Schalteindruck verstärkt, was besonders bei Gummitasten nötig ist, da hier der Endanschlag praktisch nicht spürbar ist.

Die Rückstellfedern sind im eingebauten Zustand vorgespannt (siehe Abbildung C.1), so dass die Taste nicht locker in ihrer Führung sitzt und sich nicht beim Ertasten der Bedienoberfläche bewegt, was den Benutzer irritieren würde. Ein Bewegen der Taste kann zu dem Eindruck führen, er hätte sie bereits betätigt. Außerdem werden „wackelige“ Tasten als qualitativ minderwertig empfunden.

Die linke Kennlinie wird mit einer kegelig (Abbildung C.2 links) oder sphärisch (Abbildung C.2 rechts) gewölbten Plattenfeder erreicht, die zwei stabile Zustände hat (nach oben oder nach unten gewölbt) [56]. Bei Stauchung weist

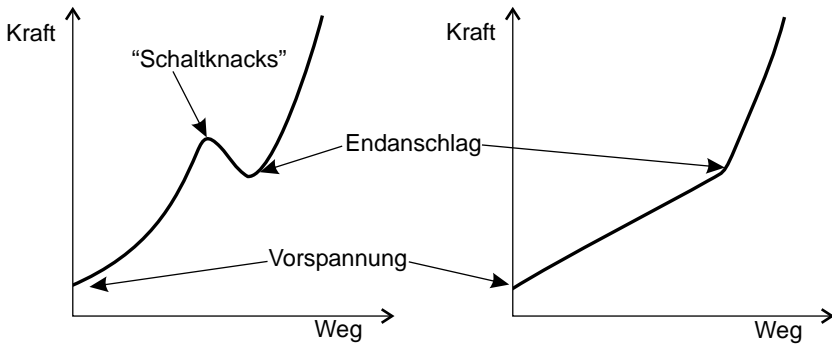


Abbildung C.1: Qualitativer Verlauf der Kraft-Weg-Kennlinien für einen Drucktaster mit deutlicher haptischer Schaltrückmeldung (links) und für eine typische Taste einer Computertastatur bei der eine Rückmeldung nur durch den Endanschlag der Taste erzeugt wird (rechts).



Abbildung C.2: Prinzipielle Bauformen von Plattenfedern: kegelig (links) und sphärisch (rechts) gewölbt [56]

sie einen progressiven Verlauf bis zum Überschreiten der Maximalkraft ca. in der Mittellage und springt dann in die jeweils andere stabile Lage, was bei Betätigung als Schaltknacks spürbar ist (Abbildung C.3).

Es ist nicht wünschenswert, dass die Feder in die zweite stabile Lage springt, da sich der haptische Eindruck so bei jeder zweiten Betätigung aufgrund einer nicht exakten Symmetrie der Feder verändern würde. Die Feder soll wieder in die Ausgangsposition zurückspringen, sobald die Taste losgelassen wird. Um dies zu erreichen, werden die Ränder der Federn nach innen geknickt (Abbildung C.4 links). Abbildung C.4 zeigt im rechten Bild die ge-

stauchte Feder bei Betätigung der Taste. Sie ist bis über den Sprungpunkt belastet, kann aber aufgrund der abgeknickten Ränder nicht in die zweite stabile Lage springen.

Die Kennlinien der Tasten müssen vom Benutzer als angenehm empfunden werden, sind also stark vom subjektiven Eindruck des Benutzers abhängig. Der subjektive Eindruck wird aber nicht nur durch die Feder, sondern auch durch das Material aus dem die Taste besteht, ihrer Oberflächenform und

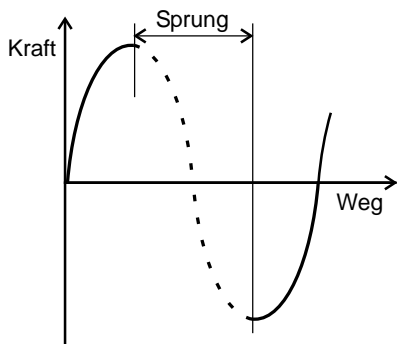


Abbildung C.3: Kennlinie einer symmetrischen Plattenfeder mit zwei stabilen Bereichen (durchgezogene Linie) und einem Bereich in dem sie in den jeweils anderen stabilen Bereich springt (Strichlinie) [56].

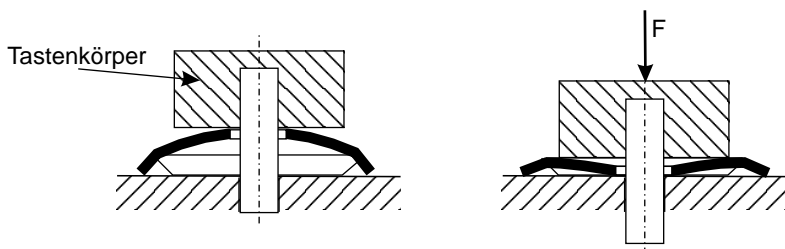


Abbildung C.4: Plattenfeder mit abgeknickten Rändern, um ein Überspringen in die zweite stabile Lage zu verhindern; rechts im gestauchten Zustand: der Effekt des „Schaltknacks“ bleibt erhalten, die Feder kehrt aber immer wieder in die Ausgangslage zurück.

-beschaffenheit sowie dem Betätigungsweg beeinflusst. Dadurch ist die Streuung der als angenehm bezeichneten Kennlinien sehr stark. Generell lässt sich aber sagen, dass Tasten eine deutlich spürbare haptische Rückmeldung an den Benutzer abgeben sollten. Der „Schaltknacks“ entspricht der Erwartung des Benutzers und signalisiert ihm, dass die Taste betätigt wurde. Tasten ohne „Schaltknacks“ werden häufig mit zu hoher Kraft betätigt, was auf lange Sicht zu deren Zerstörung führt. Dieses Problem ist oft an Sensortasten, die keine akustische Rückmeldung abgeben, zu beobachten. Um den subjektiven Eindruck der Tastenbetätigung quantifizieren zu können wurden Experimente mit verschiedenen stark gewölbten Rückstellfedern, die in die Tasten des *Baukastens* integriert wurden durchgeführt. Die Kennlinie einer als angenehm empfundenen Taste ist in Abbildung C.5 dargestellt.

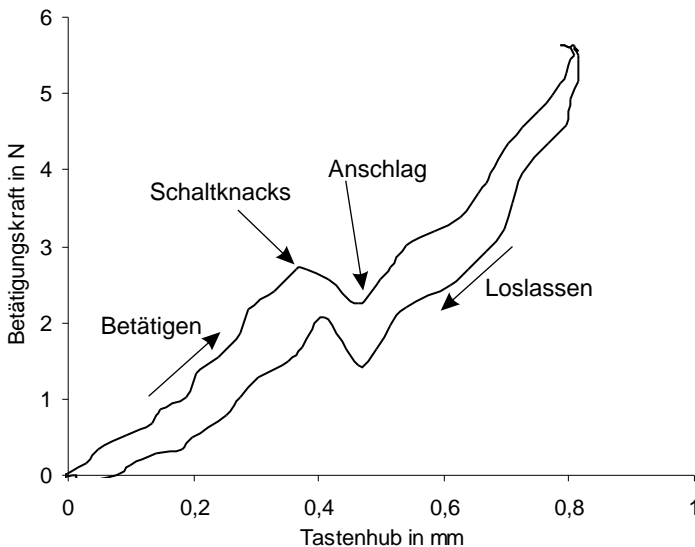


Abbildung C.5: Experimentell bestimmte Kraft-Weg-Kennlinie einer als angenehm empfundenen Taste des *Baukastens*

Anhang D

Fluss- und Ablaufdiagramme

In diesem Kapitel sind die Fluss- und Ablaufdiagramme zu den verschiedenen Komponenten des DEws abgelegt, die nicht im Hauptteil enthalten sind. Die Flussdiagramme sind stark vereinfacht, da eine ausführliche Darstellung den Rahmen dieses Buches sprengen würde. Es sind die für das Verständnis der Abläufe innerhalb des DEws notwendigen Funktionen beschrieben.

Mit den Flussdiagrammen werden die Datenflüsse innerhalb eines Computers oder eines Computerprogramms graphisch dargestellt. Sie werden hier eingesetzt, um die Arbeitsweise der Steuerungsroutinen des Konstruktionsregelwerks und die automatische Bewertung der Benutzeroberflächen zu verdeutlichen. Die Ablaufdiagramme dienen dazu die Bedienungsabläufe - also die Schritte, die der Benutzer des DEws ausführen muss, um das gewünschte Ergebnis zu erhalten - zu visualisieren. Das erste Ablaufdiagramm (Abbildung D.2) zeigt die Auswahlmöglichkeiten, die sich dem Anwender des DEws beim Start des Systems bieten.

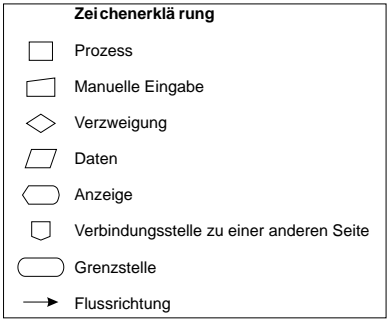


Abbildung D.1: In den Fluss- und Ablaufdiagrammen verwendete Symbole

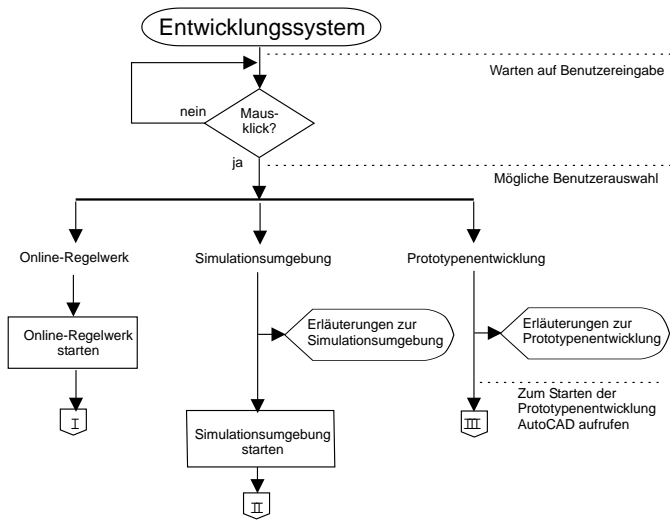


Abbildung D.2: Ablaufdiagramm der Startseite des DEWs

D.1 Online-Konstruktionsregelwerk

Die Flussdiagramme zeigen die wichtigsten Abläufe, die zur Steuerung des Online-Regelwerks notwendig sind. Sekundäre Funktionen, wie z.B. die Überprüfung und Anpassung von Benutzereingaben (u.a. für die Suchfunktion -

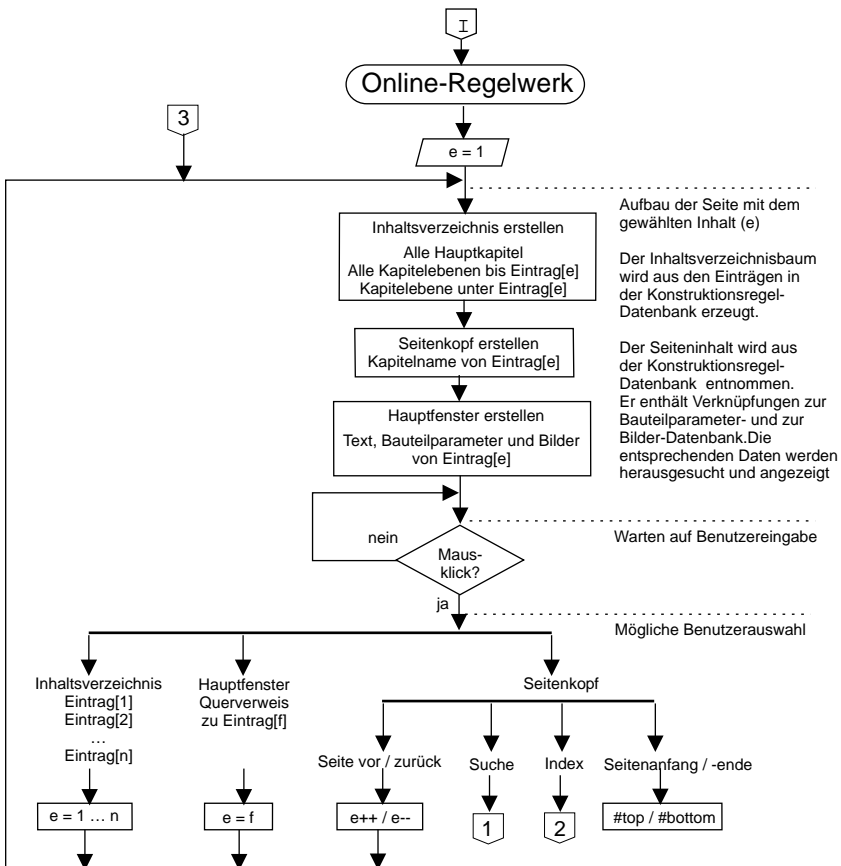


Abbildung D.3: Hauptsteuerungsfunktionen im Online-Regelwerk

Abbildung D.4) oder Funktionen, die zur Formatierung der dargestellten Seiten nötig sind, wurden der Übersichtlichkeit halber weggelassen.

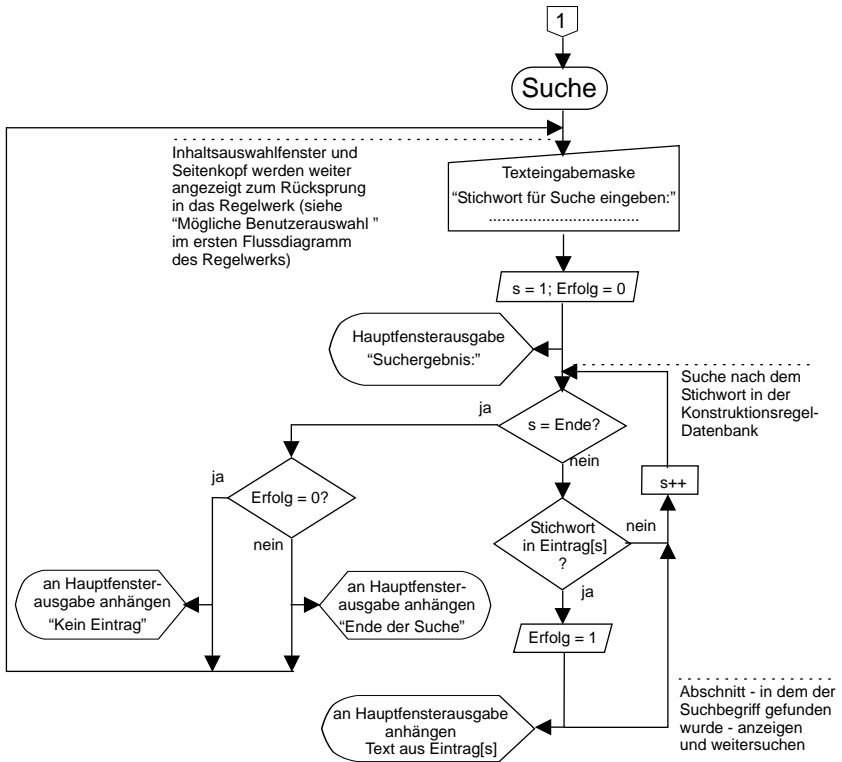


Abbildung D.4: Flussdiagramm der Suchfunktion

Tabelle D.1: Aufbau und Inhalt der Textdatenbank des *Online-Konstruktionsregelwerks*

Datenbank:	Erläuterungen:	
Entry [i] = new Element(Einträge unter fortlaufender Nummer (i), unter der sie aus der Datenbank aufgerufen werden.	
„chapter“, „section“, „subsection“, „subsubsection“, „paragraph“,	Hauptkapitel Kapitel Unterkapitel Abschnitt Unterabschnitt	Die Kapitelnamen dienen der eindeutigen Zuordnung des Eintrags innerhalb des Regelwerks. Dadurch ist sichergestellt, dass nachträglich dazu kommende Abschnitte im richtigen Kapitel eingefügt werden. Anhand dieser Kapitelnamen wird das Inhaltsverzeichnis dynamisch erzeugt.
„contents“);	Text mit Verweisen zu anderen Datenbankeinträgen und zu Bildern in der Bilddatenbank.	

D.2 Simulationsumgebung

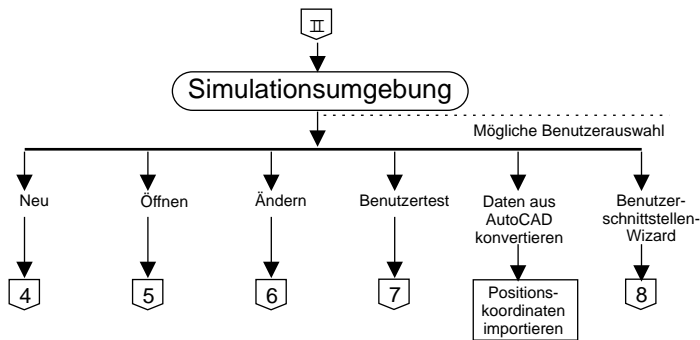


Abbildung D.6: Ablaufdiagramm zum Start der *Simulationsumgebung*

Zu den Benutzerfunktionen „Simulation einrichten“, „Simulation öffnen“, „Simulation ändern“, „Benutzertest“ und „Benutzerschnittstellen-Wizard“ wurden Ablaufdiagramme erstellt. Die automatische Bewertung ist in einem Flussdiagramm dargestellt.

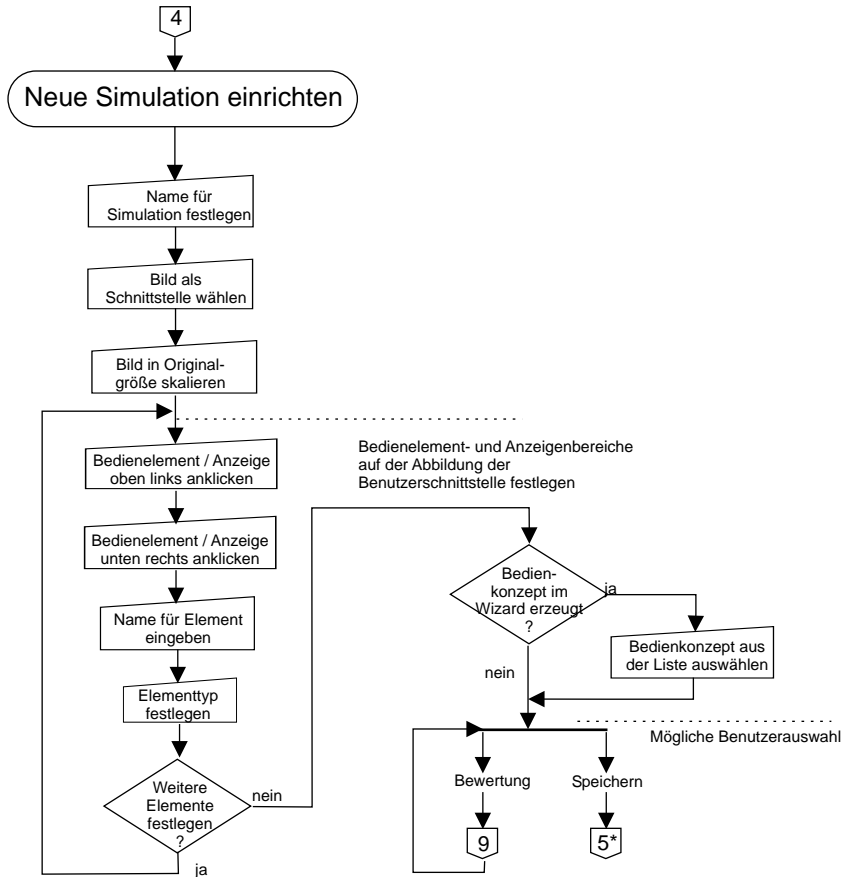


Abbildung D.7: Ablaufdiagramm zum Einrichten einer neuen Simulation

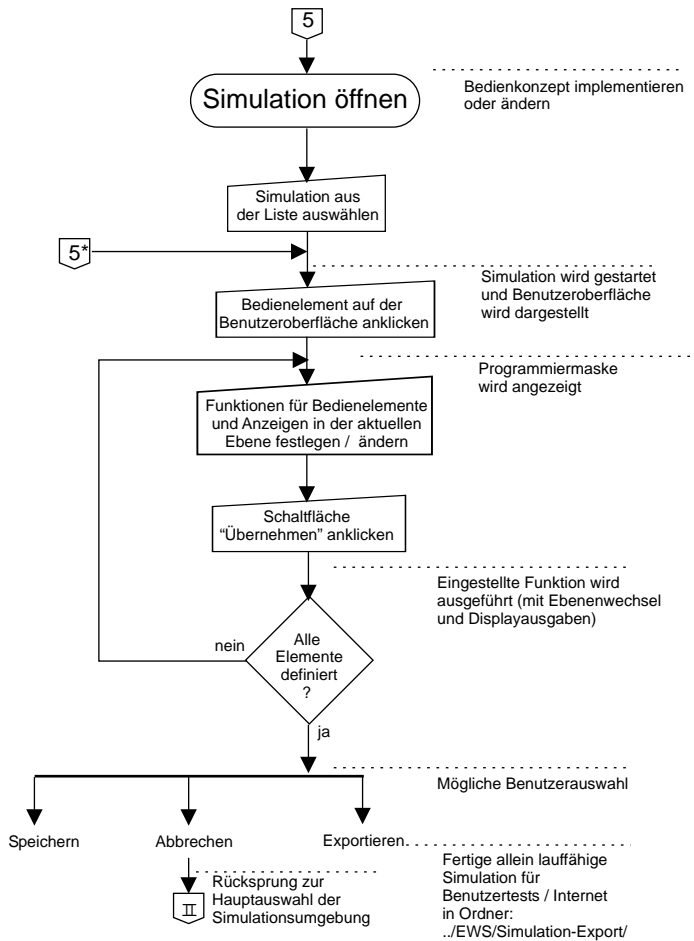


Abbildung D.8: Ablaufdiagramm zum Öffnen einer eingerichteten Simulation

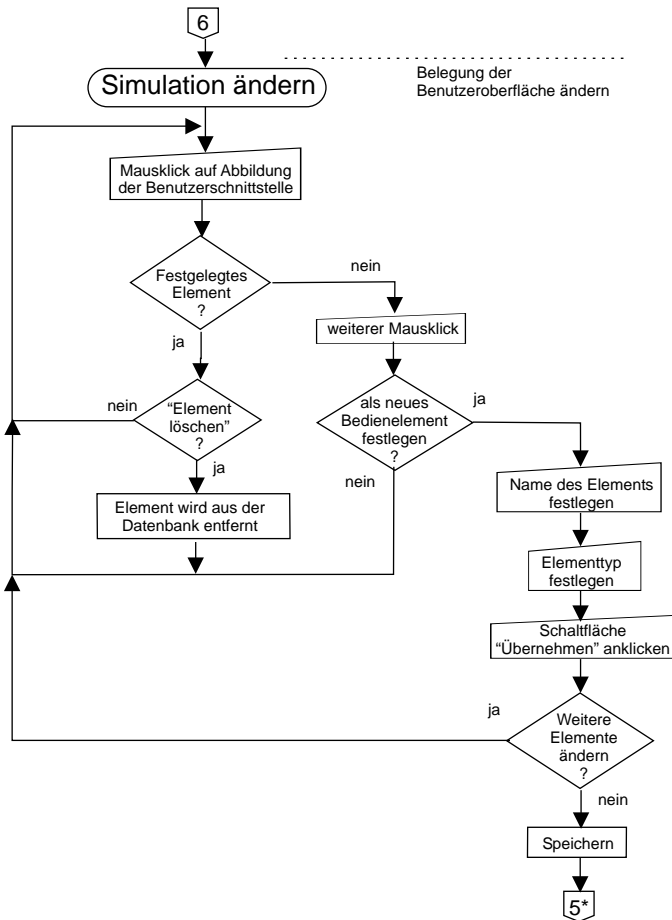


Abbildung D.9: Ablaufdiagramm zum Ändern der Belegung einer Benutzeroberfläche

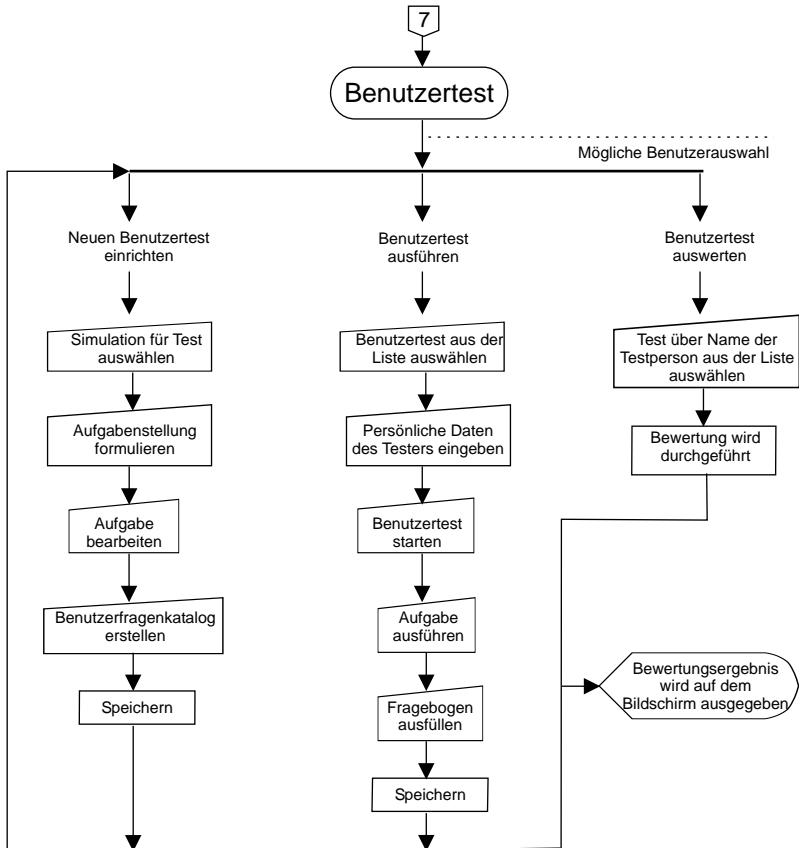


Abbildung D.10: Ablaufdiagramm für die im Zusammenhang mit den Benutzertests stehenden Operationen

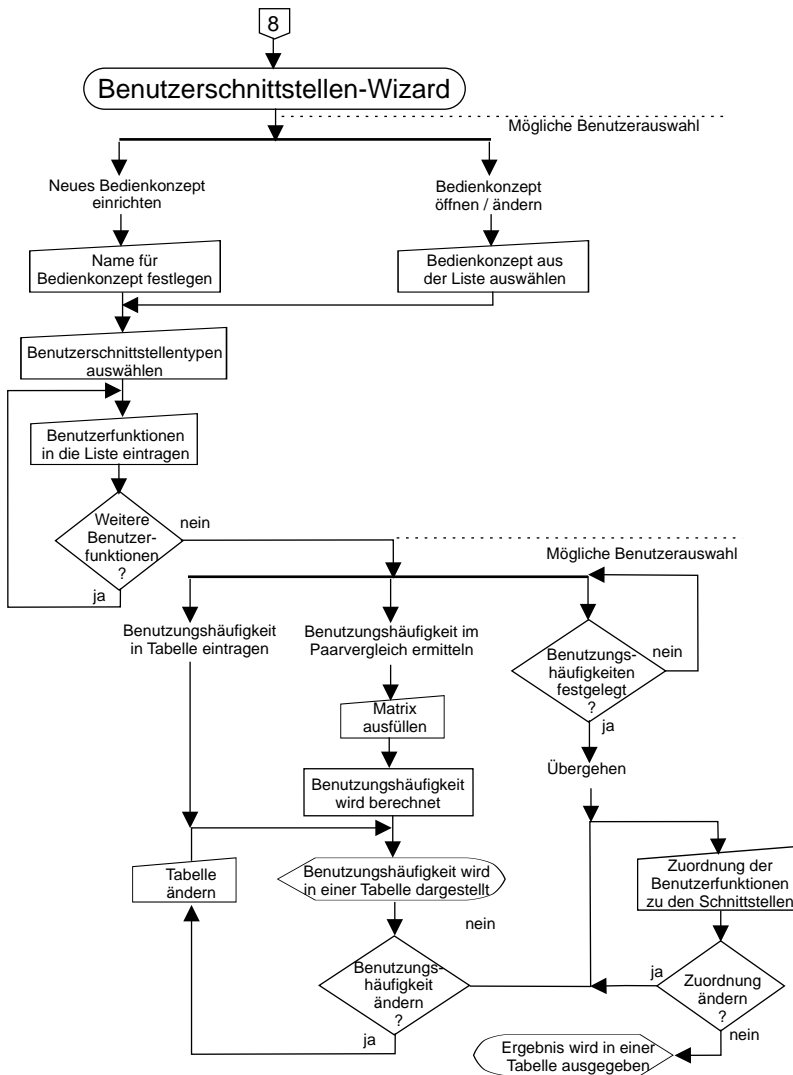


Abbildung D.11: Ablaufdiagramm für die Operationen zur Erstellung eines Bedienkonzepts mit Hilfe des *Benutzerschnittstellen-Wizard*

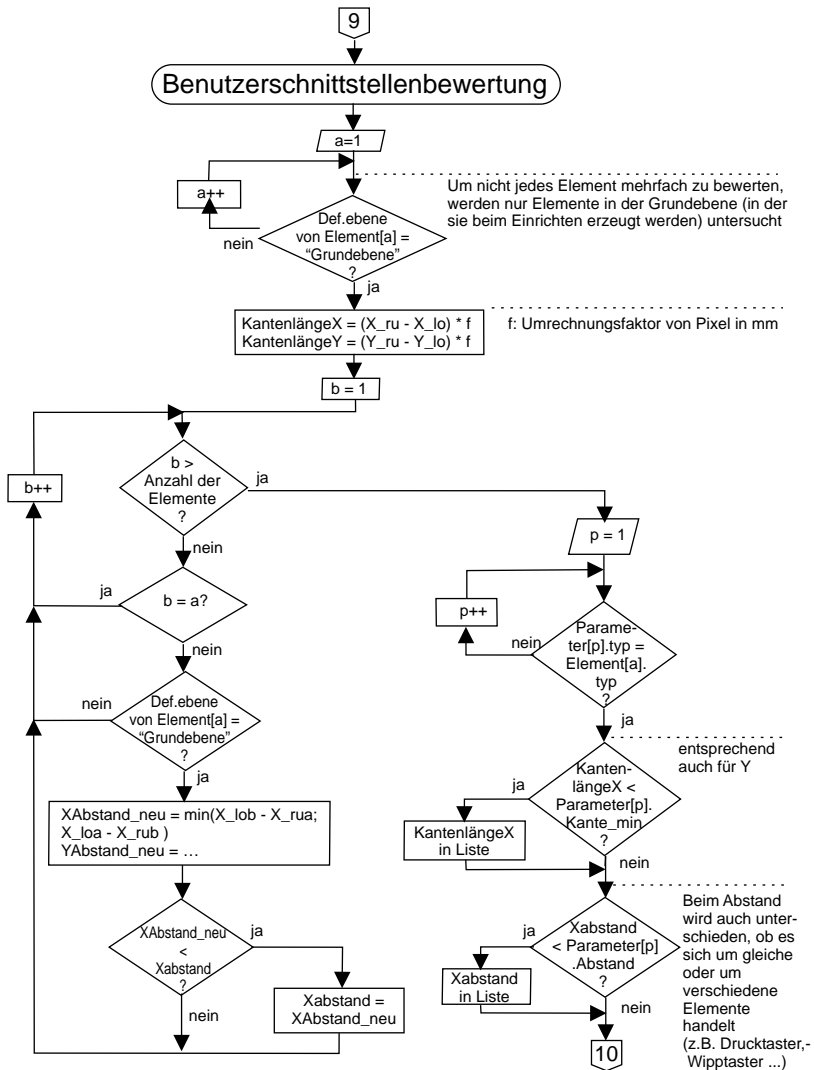


Abbildung D.12: Flussdiagramm für die automatische Bewertung des Layouts von Benutzeroberflächen

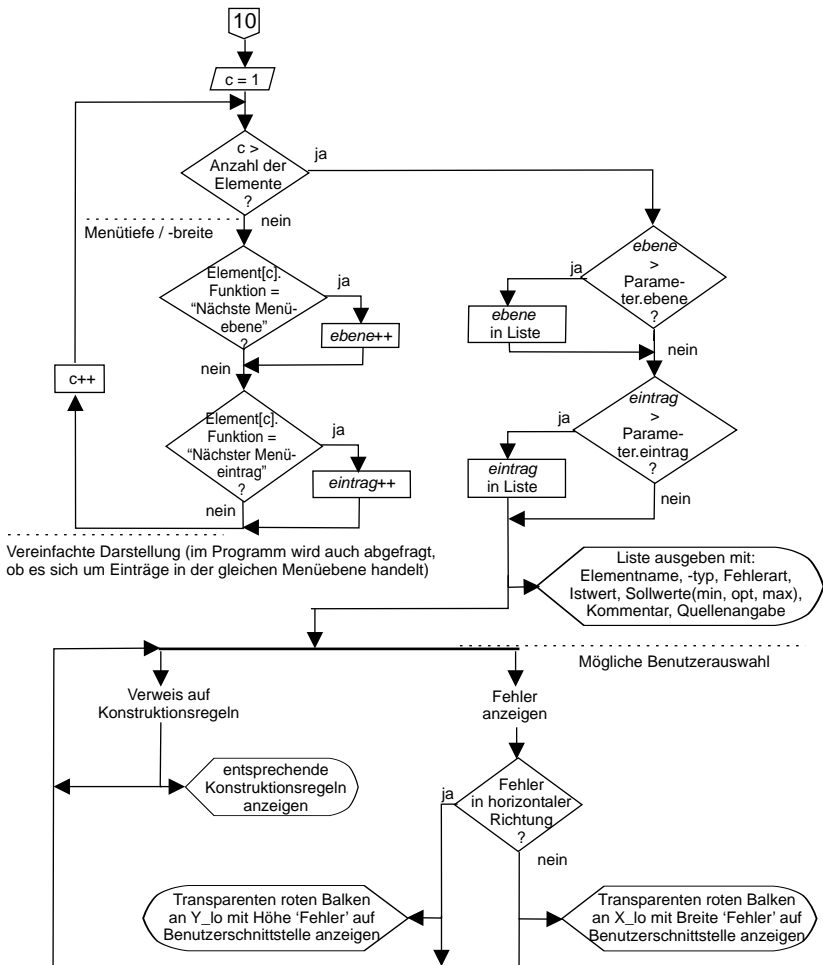


Abbildung D.13: Fortsetzung des Flussdiagramms für die automatische Bewertung

Tabelle D.2: Aufbau und Inhalt der Benutzerschnittstellendatenbank des *Simulationsumgebung*

Datenbank:	Erläuterungen:
Bedienelement[1]	enthält den Pfad zur ausgewählten Bilddatei. Die beiden ersten Zahlen geben das Bildformat an (Breite, Höhe).
Bedienelement[i] = new Element(Einträge unter fortlaufender Nummer ($i > 1$), unter der sie aus der Datenbank aufgerufen werden.
„X-Position links oben“, „Y-Position links oben“, „X-Position rechts unten“, „Y-Position rechts unten“,	Die ersten vier Einträge definieren den Bereich auf der Benutzeroberfläche, in dem dieses Element betätigt werden kann.
„Elementname“,	Der vom Anwender eingegebene Name, der ihm die Zuordnung erleichtert.
„Funktion“,	Name der vom Anwender programmierten Funktion, dient zum Funktionsaufruf bei Betätigung des Elements.
„Definitionsebene“,	Ebene in der dieses Element mit dieser Funktion belegt ist.
„Zielebene der Funktion“,	Ebene auf die nach Ausführung der Funktion gewechselt wird.
„Ausgabeform“,	Art der mit diesem Element verknüpften Ausgabe (Text, Bild, Klang, Ansteuerung eines externen Geräts).
„Ausgabeninhalt“,	Text, Verweis auf ein Bild, eine Klangdatei oder Steuerungsdaten für ein externes Gerät.
„Elementtyp“);	Drucktaster, Wipptaster, Anzeige, ...

D.3 Prototypenentwicklung

Die Ablaufdiagramme sind in verschiedenen Grautönen hinterlegt, um zu zeigen, welche Operationen der Anwender im *AutoCAD*-Hauptfenster ausführt (Dunkelgrau) und welche Eingaben in den unterschiedlichen Eingabemasken

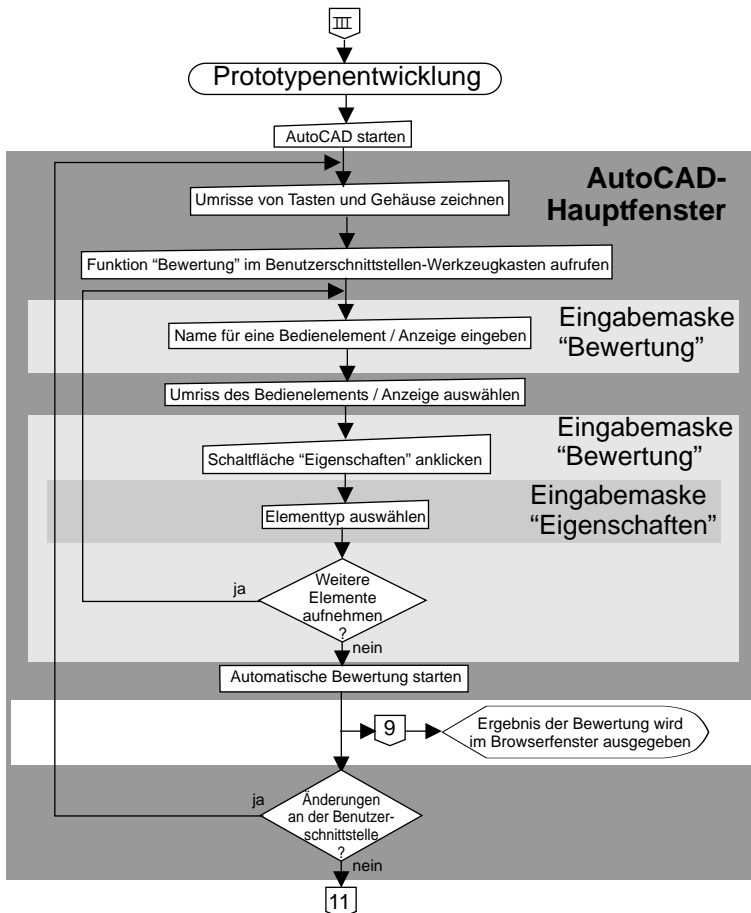


Abbildung D.14: Ablaufdiagramm der Prototypenentwicklung - Zeichnen und Bewerten des Benutzeroberflächenlayouts

erfolgen müssen (Hellgrau). Die Ausgabe des Ergebnisses der Bewertung erfolgt in einem eigenen Fenster im Internet-Browser. Die Bewertung wird durch die in der Simulationsumgebung enthaltene Bewertungssoftware durchgeführt.

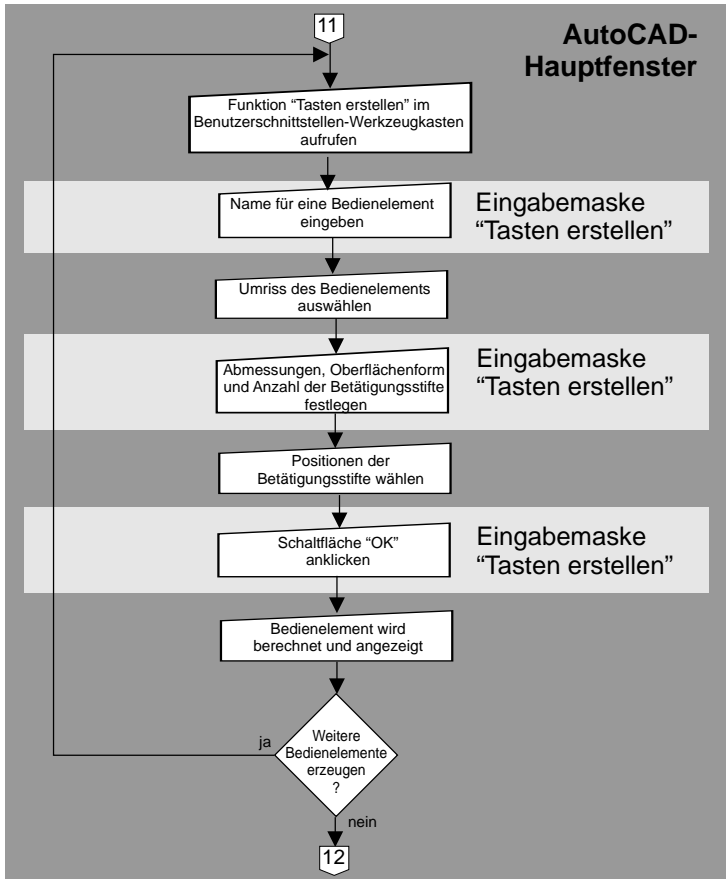


Abbildung D.15: Fortsetzung des Ablaufdiagramms der Prototypenentwicklung - Erstellung von Tasten

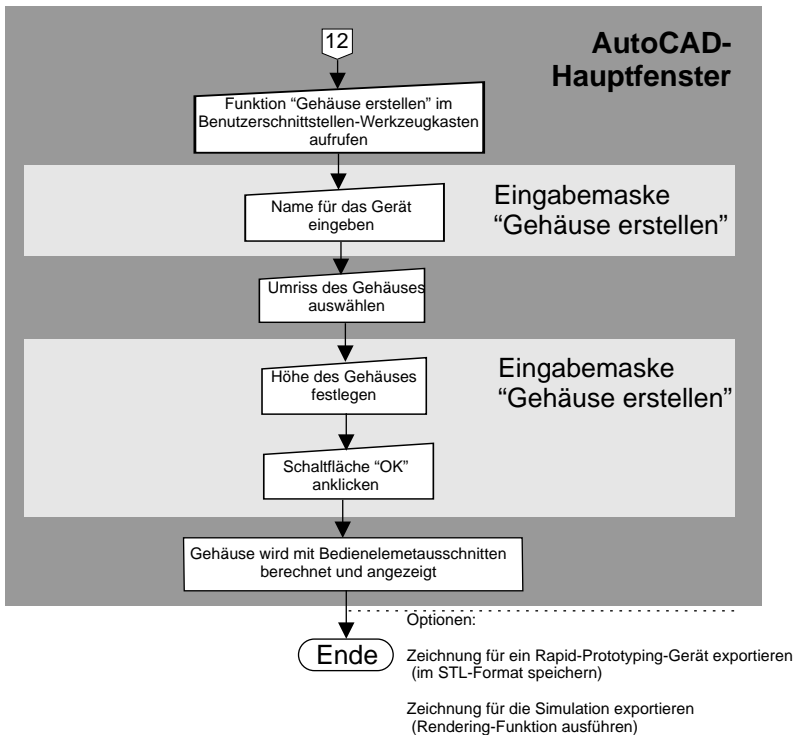


Abbildung D.16: Fortsetzung des Ablaufdiagramms der Prototypenentwicklung - Erstellung des Gehäuses

D.4 Ordnerstruktur des *DEws*

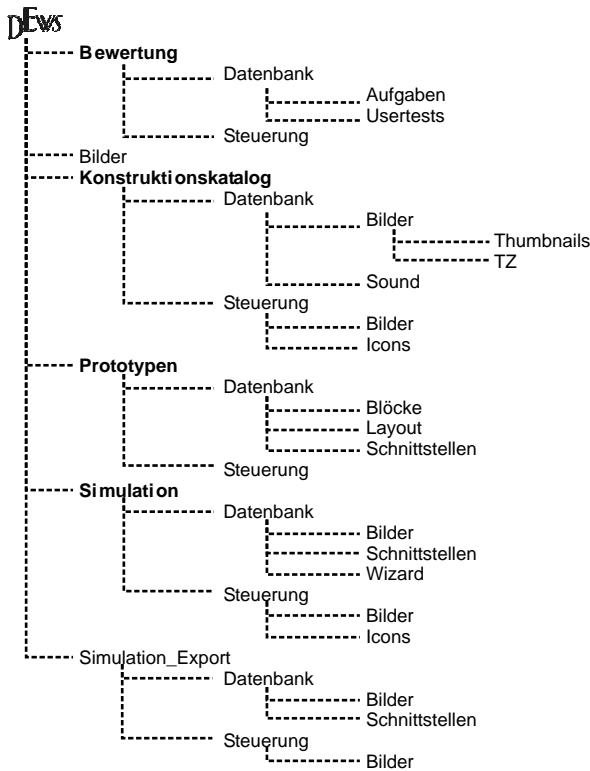


Abbildung D.17: Dateiordner-Struktur des DEws, die Bezeichnungen entsprechen den Ordernamen.

Abbildung D.17 zeigt die innere Ordnerstruktur des DEws im Festpeicher des Rechners. Die Bezeichnungen in der Abbildung entsprechen den Namen der Ordner und Unterordner. Die Komponenten des DEws (Konstruktionskatalog, Prototypenentwicklung, Simulation) sind in ihrem Grundaufbau gleich strukturiert. Sie enthalten Ordner für die Steuerungssoftware und für die Datenbanken, die wiederum individuell für jede Komponente unterteilt sind.

Anhang E

Veröffentlichungen

DOERRER, C. und R. KISSEL: *Man-Machine Interaction with Haptic Feedback*. In: *Proceedings of the Tunisian-German Conference on Smart Systems and Devices*, Hammamet, 2001.

KISSEL, R. und H. WEISSMANTEL:

Benutzerfreundliches und seniorengerechtes Design von Geräten der Unterhaltungselektronik. Nachrichtentechnische Zeitung ntz, 7-8:50 – 52, 2002.

KISSEL, R.: *Gestaltung seniorengerechter Benutzeroberflächen*. Beitrag zur Tagung *Erfülltes Leben in der privaten Wohnung - Neue Ansätze für die Geriatrie*, Hamburg, Februar 2002.

WEISSMANTEL, H.: *Design Rules Matching the Needs of Elderly*. In: MOLLERKOPF, H. (Herausgeber): *Elderly People in Industrial Societies*, Seite 249ff. Rainer Bohn Verlag, Berlin, 1996.

WEISSMANTEL, H.: *Experiences with the usage of design-rules matching the needs of the elderly and younger people too - Design for all*. In: *Proceedings of the 1. Int. Conference of Gerontechnology, Munich*, 1999.

WEISSMANTEL, H.: *Kommunikation mit der Technik, Benutzerfreundliches und barrierefreies Design als Voraussetzung für seniorengerechte Produkte*. In: DIENEL, H. (Herausgeber): *Technik, Freundin des Alters*,

Seite 147ff. Franz Steiner Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 1999.

WEISSMANTEL, H.: *Benutzerfreundliches Design als Voraussetzung für seniorenrechtliche Produkte*. In: MEYER-HENTSCHEL-MANGEMENT-CONSULTING (Herausgeber): *Handbuch Senioren-Marketing*, Seite 357 Deutscher Fachverlag, Frankfurt a.M., 1. Auflage, 2000.

WEISSMANTEL, H.: *Benutzerfreundliches Design als Voraussetzung für seniorenrechtliche und menschlichere Produkte des Alltags*. In: *Pro Sechzig*. Media-Verlag, Darmstadt, 2001.

WEISSMANTEL, H. und H. BIERMANN: *Seniorenrechtliches Konstruieren SEN-SI - Das Design seniorenrechtlicher Geräte*. VDI-Bericht, 247, 1995.

WEISSMANTEL, H. und R. KISSEL: *Benutzerfreundliche Produkte - seniorenrecht und barrierefrei*. f&w Feinwerktechnik und Mikrotechnik, 3:57 – 59, 2002.

Außerdem wurde zu der Ausstellung „Design is the message“, die der *Rat für Formgebung* anlässlich der Internationalen Funkausstellung 2003 in Berlin veranstaltete, ein Beitrag in Form einer Präsentation des DEws geliefert.

Literaturverzeichnis

- [1] *Principles for Older Persons.* United Nations, 1991.
- [2] *Herausforderung unserer älter werdenden Gesellschaft an den Einzelnen und die Politik*, Juni 1994. Zwischenbericht der ENQUETE-KOMMISSION Demographischer Wandel.
- [3] *Hausgeräte für den Menschen: Benutzerzentrierte Gestaltung von Alltagstechnik.* VDI-Bericht, 1303, 1996.
- [4] *Guidelines for the Design of Screen and Web Phones to be Accessible by Visually Disabled Persons.* Royal National Institute for the Blind, 1998.
<http://www.tiresias.org>.
- [5] *benutzerfreundlich und seniorengerecht.* Verbraucher-Zentrale Hessen, 2002.
- [6] *Gesetz zur Gleichstellung behinderter Menschen*, Mai 2002. am 1.5.2002 in Kraft getreten.
- [7] *Qualerei für den Benutzer.* DPA-Meldung, 2002.
- [8] APPLE COMPUTER INC., New York: *Macintosh Human Interface Guidelines*, 1995.
- [9] AUTODESK DEVELOPMENT B.V., Neuchâtel: *AutoCAD Handbuch für Benutzeranpassungen*, Dezember 1994.
- [10] BAIER, E.: *Instrumente für die Entwickler generationenübergreifender Produkte.* In: *Generationen-Kongress*, Bad Tölz, Juli 2003. Stiftung Dialog der Generationen.

- [11] BANKE, K.: *Wettklicken*. iX - Magazin für professionelle Informationstechnik, 12:98, 2000.
- [12] BAUMANN, H. und F. WEYHAUSEN: *Untersuchung nach ISO 9241-10*, 1999. <http://www.informatik.uni-oldenburg.de>.
- [13] BLUM, W.: *Neue Sicht aufs Alter*. Die Zeit, 32:26, 1998.
- [14] BOKRANZ, R. und K. LANDAU: *Einführung in die Arbeitswissenschaft*. Eugen Ulmer GmbH, Stuttgart, 1. Auflage, 1991.
- [15] BÜHLER, C. (Herausgeber): *FORTUNE-Leitfaden*. Bundesministerium für Gesundheit, Bonn, 1. Auflage, 2002.
- [16] BUNDESMINISTERIUM FÜR FAMILIE, SENIOREN, FRAUEN UND JUGEND (Herausgeber): *Die Alten der Zukunft - Die Gesellschaft von Morgen*, 1996.
- [17] BURMESTER, M. (Herausgeber): *Guidelines and Rules for Design of User Interfaces for Electronic Home Devices*. Fraunhofer IRB, 1997.
- [18] CEN/CENELEC GUIDE 6: *Guidelines for standards developers to address the needs of older persons and persons with disabilities*. Comité Européen de Normalisation, 2002. equivalent to ISO/IEC Guide 71.
- [19] DAHMER, J.: *Benutzerbeteiligung in der Technikentwicklung*. Gesellschaft für Arbeitsschutz- und Humanisierungsforschung mbH, Dortmund, 1997.
- [20] DIENEL, H. (Herausgeber): *Technik, Freundin des Alters*. Franz Steiner Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 1999.
- [21] DIN 18024: *Barrierefreies Bauen*. Deutsches Institut für Normung. Berlin: Beuth-Verlag, 1998.
- [22] DIN 66234-8: *Bildschirmarbeitsplätze - Grundsätze ergonomischer Dialoggestaltung*. Deutsches Institut für Normung. Berlin: Beuth-Verlag, 1988.
- [23] DIN EN 1332-1: *Identifikationskartensysteme - Schnittstelle Mensch-Maschine*. CEN Europäisches Komitee für Normung, 1999. Teil 1: Gestaltungsgrundsätze für die Benutzerschnittstelle.

- [24] DIN EN 1332-2: *Identifikationskartensysteme - Schnittstelle Mensch-Maschine*. CEN Europäisches Komitee für Normung, 1998. Teil 2: Abmessungen und Anordnung eines Tastkennzeichens für ID-1-Karten.
- [25] DIN EN 1332-3: *Identifikationskartensysteme - Schnittstelle Mensch-Maschine*. CEN Europäisches Komitee für Normung, 1999. Teil 3: Tastenfelder.
- [26] DIN EN 1332-4: *Identifikationskartensysteme - Schnittstelle Mensch-Maschine*. CEN Europäisches Komitee für Normung, 1999. Teil 4: Codierung von Benutzeranforderungen für Personen mit besonderem Bedarf.
- [27] DIN FACHBERICHT 124: *Gestaltung barrierefreier Produkte*. Deutsches Institut für Normung. Berlin: Beuth-Verlag, 2002.
- [28] DOERRER, C.: *Die haptische Wahrnehmung des Menschen*. EMK-Intern, November 2000.
- [29] ECHTERHOFF, W. (Herausgeber): *Verbesserungen von visuellen Informationen im öffentlichen Raum*. Fach-Media-Service-Verlag, Bad Homburg, 1. Auflage, 1996.
- [30] EKBERG, J. (Herausgeber): *A step forward - design for all*. Helsinki, 1999.
- [31] EKBERG, J. (Herausgeber): *Inclusion of Disabled and Elderly in Telemetics*. Helsinki, 1999.
- [32] EN ISO 9241-10: *Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten*. CEN Europäisches Komitee für Normung, 1995. Teil 10: Grundsätze der Dialoggestaltung.
- [33] EN ISO 9241-14: *Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten*. CEN Europäisches Komitee für Normung, 1995. Teil 14: Dialogführung mittels Menüs.
- [34] ETSI ETR 051: *Human Factors; Usability Checklist for telephones Basic requirements*. European Telecommunications Standards Institute, 1992.

- [35] FRIESDORF, W. (Herausgeber): *Seniorengerechte Technik im häuslichen Alltag - Antrag an die Deutsche Forschungsgemeinschaft auf Weiterführung einer Forschergruppe*. Technische Universität Berlin, 2000.
- [36] GEISER, G. und A. PRUSSOG: *Bewertungsverfahren für die Benutzungsfreundlichkeit von Kommunikationssystemen*. Technischer Bericht, Fraunhofer - Institut für Informations- und Datenverarbeitung, 1994.
- [37] GILL, J. (Herausgeber): *The forgotten Millions - Access to telecommunications for people with disabilities*. Luxembourg.
- [38] GILL, J. (Herausgeber): *Access prohibited?* Helsinki, 1997.
- [39] GILL, J. (Herausgeber): *Telecommunications - Guidelines for Accessibility*. London, 1999.
- [40] GILL, J. (Herausgeber): *Tiresias - A family of typefaces designed for legibility on screens, signs and labels*. London, 2000.
- [41] GILL, J. (Herausgeber): *Which button? Designing user interfaces for people with visual impairments*. London, 2000.
- [42] GILL, J. (Herausgeber): *Keeping step? - Scientific and technological research for visually impaired people*. London, 2001.
- [43] GILL, J. und T. SHIPLEY: *Telephones - What features do disabled people need?* London, 1999.
- [44] GILL, J. und T. SHIPLEY: *Call barred? - Inclusive Design of Wireless Systems*. London, 2000.
- [45] GJØDERUM, J. (Herausgeber): *Guidelines-Booklet on Mobile Phones*. 2000. <http://www.stakes.fi/cost219>.
- [46] HELMREICH, R. (Herausgeber): *IGT-Fachtagung Technik für den Menschen*. Informationstechnische Gesellschaft im VDE, 1998.
- [47] HOFERT, S.: *Wenn Mensch und Maschine kollidieren*. www.spiegel.de, 2002.
- [48] HONOLD, P.: *Learning how to use a cellular phone: Comparison between German and Chinese users*. Technical Communication, 46(2):196 – 205, 1999.

- [49] ISO/IEC 11581: *Informationstechnik - Benutzerschnittstellen und Symbole - Icons und Funktionen*, 2000.
- [50] ISO/IEC 9995: *Informationsverarbeitung - Tastatur für die Büro- und Datentechnik*, 2002.
- [51] JENTZSCH, K. und J. KURT: *Anleitung zum Entwerfen taktiler Grafiken für Blinde mit CorelDraw*. Humboldt-Universität Berlin, September 1999.
- [52] JUPPENLATZ, P.: *Design ist, wenn man trotzdem lacht*. Stern, 39:7 – 10, 1999.
- [53] KAHLISCH, T.: *Software-ergonomische Aspekte der Studienumgebung blinder Menschen*. Doktorarbeit, TU Dresden Fakultät Informatik, Dresden, Dezember 1997.
- [54] KALHÖFER, H.: *Montagearbeitsplatz für ältere Menschen*. Studienarbeit 1222, TU Darmstadt, 1994.
- [55] KIRCHNER, J.: *Ergonomie für Konstrukteure und Arbeitsgestalter*. REFA Darmstadt, Hanser Verlag, München, 1990.
- [56] KRAUSE, W.: *Konstruktionselemente der Feinmechanik*. Hanser Verlag, München, 2. Auflage, 1993.
- [57] LAW, C. und G. VANDERHEIDEN: *The role of voice enhancements in everyone interfaces for electronic devices: expanding the market for voice products*. www.trace.wisc.edu, 1992.
- [58] LIEBERT, W.: *Gebrauchsanweisungen und Service-Kommunikation*. Uni-Journal, 3:26–27, März 1998.
- [59] MANNON, M. (Herausgeber): *Resource Guide for Accessible Design of Consumer Electronics*. September 1996. Electronic Industries Foundation (EIA).
- [60] MATZEIT, N.: *Entwicklung einer Universalplatine für Fernbedienungsprototypen*. Studienarbeit 1497, TU Darmstadt, 2002.
- [61] MEYER-HENTSCHEL-MANGEMENT-CONSULTING (Herausgeber): *Handbuch Senioren-Marketing*. Deutscher Fachverlag, Frankfurt a.M., 1. Auflage, 2000.

- [62] MOLLENKOPF, H. (Herausgeber): *Elderly People in Industrial Societies*. Rainer Bohn Verlag, Berlin, 1. Auflage, 1996.
- [63] NAEGELE, G. und A. NIEDERFRANKE: *Funkkolleg Altern*. TC Druck Tübinger Chronik eG, 1996. Deutsches Institut für Fernstudienforschung, Universität Tübingen.
- [64] NIELSEN, J.: *Assessing the Usability of a User Interface Standard*. Nielsen Norman Group, Fremont, CA, 1991. <http://www.useit.com>.
- [65] NIELSEN, J.: *Error Message Guidelines*. Alertbox, Nielsen Norman Group, Fremont, CA, 2001. <http://www.useit.com>.
- [66] RANDOW, G. VON: *Besser mit dem Meffel*. Die Zeit, (13), 1993.
- [67] REENTS, H. (Herausgeber): *Handbuch der Gerontotechnik, interdisziplinäre Forschung; Praxisbeispiele*. ecomed, Landsberg/Lech, 1. Auflage, 1996.
- [68] ROCHE (Herausgeber): *Lexikon Medizin*. Urban & Fischer Verlag, München, 4. Auflage, 1999.
- [69] ROE, P. (Herausgeber): *Guidelines-Booklet on Mobile Phones*.
- [70] ROE, P. (Herausgeber): *Bridging the gap? - Access to telecommunication for all people*. Presses Centrales, Lausanne, 1. Auflage, 2001.
- [71] SAUP, W.: *Alter und Umwelt: Eine Einführung in die ökologische Gerontologie*. Kohlhammer Verlag, Stuttgart, 1993.
- [72] SCHMIDTKE, H. (Herausgeber): *Handbuch der Ergonomie*. Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung, Koblenz, 2. Auflage, 1989.
- [73] SCHMIDTKE, H.: *Ergonomie*. Hanser Verlag, München, 3. Auflage, 1993.
- [74] SHIPLEY, T. (Herausgeber): *Outwardly Mobile - What can disabled users expect from UMTS, the new generation in mobile communication*. London, 1999.
- [75] STATISTISCHES BUNDESAMT (Herausgeber): *Bevölkerungsentwicklung Deutschlands bis zum Jahr 2050*. Juli 2000.
- [76] T.L.P.: *Barrierefreies Design für alle Menschen in jedem Alter*, Irmenach, 1997. Institut T.L.P. e.V.

- [77] VANDERHEIDEN, G.: *Accessible Design of Consumer Products*. University of Wisconsin-Madison, 1992. <http://www.trace.wisc.edu>.
- [78] VANDERHEIDEN, G.: *The Principles of Universal Design*. NC State University, The Center for Universal Design, 1997. <http://www.design.ncsu.edu/cud/>.
- [79] WEISSMANTEL, H.: *Design Rules Matching the Needs of Elderly*. In: MOLLENKOPF, H. (Herausgeber): *Elderly People in Industrial Societies*, Seite 249ff. Rainer Bohn Verlag, Berlin, 1996.
- [80] WEISSMANTEL, H.: *Kommunikation mit der Technik, Benutzerfreundliches und barrierefreies Design als Voraussetzung für seniorenrechtliche Produkte*. In: DIENEL, H. (Herausgeber): *Technik, Freundin des Alters*, Seite 147ff. Franz Steiner Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 1999.
- [81] WEISSMANTEL, H. und H. BIERMANN: *Seniorenrechtliches Konstruieren SENSI - Das Design seniorenrechtlicher Geräte*. VDI-Bericht, 247, 1995. <http://www.emk.tu-darmstadt.de>.
- [82] WÜNSCHMANN, W.: *Taktile Sensorik und blinde Menschen*. In: GERLACH (Herausgeber): *Akustische und elektromechanische Systeme*. w.e.b. Universitätsverlag, Dresden, 2000. Dresdner Beiträge zur Sensorik.
- [83] ZÜHLKE, D. (Herausgeber): *Menschengerechte Bedienung technischer Geräte*, 1303. VDI, 1996.

Lebenslauf

Robert Wolfgang Kissel

Diplom-Ingenieur

*12. November 1968

in Langen (Hessen)

Schulbildung

1975 - 1988

Grundschule, Förderstufe und Gymnasium
in Langen (Hessen)

Berufsausbildung

1989 - 1993

Ausbildung zum Industrieelektroniker
Fachrichtung Gerätetechnik
bei der Deutschen Lufthansa AG,
Frankfurt am Main

Studium

1993 - 1995

Grundstudium der Elektrotechnik,
Technische Universität Darmstadt

1995 - 1999

Hauptstudium am Institut für
Elektromechanische Konstruktionen
im Fachbereich Elektrotechnik
und Informationstechnik,
Technische Universität Darmstadt

2000 - 2004

Dissertation am Institut für
Elektromechanische Konstruktionen

Darmstadt, 23. Oktober 2003